



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113028596 B

(45) 授权公告日 2021.09.28

(21) 申请号 202110291191.1

审查员 付锴

(22) 申请日 2021.03.18

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113028596 A

(43) 申请公布日 2021.06.25

(73) 专利权人 清华大学  
地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72) 发明人 赵海湑 林波荣 周政翰

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569  
代理人 韩雪梅

(51) Int. Cl.  
F24F 11/47 (2018.01)  
F24F 11/64 (2018.01)  
F24F 11/38 (2018.01)  
F24F 140/60 (2018.01)

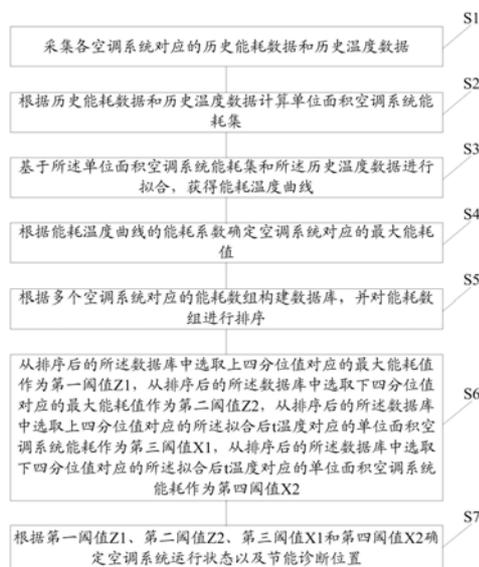
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种空调系统能耗评估诊断及系统

(57) 摘要

本发明公开一种空调系统能耗评估诊断及系统,首先根据历史能耗数据和历史温度数据计算单位面积空调系统能耗集;其次基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据进行拟合,获得能耗温度曲线;根据能耗温度曲线的能耗系数确定空调系统对应的最大能耗值;再次根据多个空调系统对应的能耗数组构建数据库,并对能耗数组进行排序;然后基于排序后的数据库确定第一阈值、第二阈值、第三阈值和第四阈值,最后根据第一阈值、第二阈值、第三阈值和第四阈值确定空调系统运行状态以及节能诊断位置。本发明公开一种不受气候区、系统运行时间等因素限制的空调系统能耗评估诊断方法,提高了能耗评估以及节能诊断的准确性。



1. 一种空调系统能耗评估诊断方法,其特征在于,所述方法包括:

步骤S1:采集各空调系统对应的历史能耗数据和历史温度数据;所述历史能耗数据包括:冷水机组能耗集、冷却塔能耗集、冷却水泵能耗集、冷冻水泵能耗集、空调机组能耗集和空调系统末端能耗集;

步骤S2:根据历史能耗数据计算单位面积空调系统能耗集;

步骤S3:基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据,使用Python中scipy库中的curve\_fit函数进行拟合,获得能耗温度曲线,具体公式为:

$$E(t) = \frac{E_1}{1 + e^{-k(t-t_0)}} + E_0;$$

其中,E(t)表示能耗温度曲线的纵坐标,即拟合后的单位面积空调系统能耗,t表示能耗温度曲线的横坐标,k表示空调系统随温度变化敏感程度,t<sub>0</sub>表示特征温度常数,E<sub>1</sub>和E<sub>0</sub>均表示能耗温度曲线的能耗系数;

步骤S4:根据能耗温度曲线的能耗系数确定空调系统对应的最大能耗值,具体公式为:

$$E_{\max} = E_1 + E_0;$$

其中,E<sub>max</sub>表示空调系统对应的最大能耗值,E<sub>1</sub>和E<sub>0</sub>均表示能耗温度曲线的能耗系数;

步骤S5:根据多个空调系统对应的能耗数组构建数据库,并对能耗数组进行排序;所述能耗数组包括最大能耗值和拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗;

步骤S6:从排序后的所述数据库中选取上四分位值对应的最大能耗值作为第一阈值Z1,从排序后的所述数据库中选取下四分位值对应的最大能耗值作为第二阈值Z2,从排序后的所述数据库中选取上四分位值对应的所述拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗作为第三阈值X1,从排序后的所述数据库中选取下四分位值对应的所述拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗作为第四阈值X2;

步骤S7:根据第一阈值Z1、第二阈值Z2、第三阈值X1和第四阈值X2确定空调系统运行状态以及节能诊断位置。

2. 根据权利要求1所述的空调系统能耗评估诊断方法,其特征在于,所述根据历史能耗数据计算单位面积空调系统能耗集,具体公式为:

$$E_{di} = \left( \frac{E_{di}^1 + E_{di}^2 + E_{di}^3 + E_{di}^4 + E_{di}^5 + E_{di}^6}{F} \right);$$

其中,E表示单位面积空调系统能耗集,E=[E<sub>d1</sub>,E<sub>d2</sub>,⋯,E<sub>dn</sub>],E<sub>di</sub>表示第i天的单位面积空调系统能耗,E<sub>dn</sub>表示第n天的单位面积空调系统能耗,E<sub>di</sub><sup>1</sup>,E<sub>di</sub><sup>2</sup>,E<sub>di</sub><sup>3</sup>,E<sub>di</sub><sup>4</sup>,E<sub>di</sub><sup>5</sup>,E<sub>di</sub><sup>6</sup>分别表示第i天的冷水机组能耗、冷却塔能耗、冷却水泵能耗、冷冻水泵能耗、空调机组能耗集和空调系统末端能耗,F表示空调系统的建筑面积。

3. 根据权利要求1所述的空调系统能耗评估诊断方法,其特征在于,所述步骤S7,具体包括:

当0 < E(t) ≤ X1且E(t) < E<sub>max</sub> < ∞时,说明空调系统运行优秀,无需节能诊断,其中,E(t)表示能耗温度曲线的纵坐标,即拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗;

当Z1 < E<sub>max</sub> ≤ Z2且X1 < E(t) ≤ X2且E(t) < E<sub>max</sub>时,说明空调系统运行良好,有一定的节

能潜力,在冷源与末端的负荷匹配上进行节能诊断,其中, $E_{\max}$ 表示空调系统对应的最大能耗值;

当 $Z1 < E_{\max}$ 且 $X1 < E(t) \leq X2$ 且 $E(t) < E_{\max}$ 时,说明空调系统运行良好,无需节能诊断;

当 $Z1 < E_{\max} \leq Z2$ 且 $X2 < E(t) < E_{\max}$ 时,说明空调系统运行较差,系统节能潜力很大,从能耗占比最大的组件依次进行节能诊断;

当 $Z2 < E_{\max}$ 且 $X2 < E(t) < E_{\max}$ 时,说明空调系统运行效果很差,冷源机组或输配系统出现故障。

4. 一种空调系统能耗评估诊断系统,其特征在于,所述系统包括:

采集模块,用于采集各空调系统对应的历史能耗数据和历史温度数据;所述历史能耗数据包括:冷水机组能耗集、冷却塔能耗集、冷却水泵能耗集、冷冻水泵能耗集、空调机组能耗集和空调系统末端能耗集;

单位面积空调系统能耗集确定模块,用于根据历史能耗数据计算单位面积空调系统能耗集;

拟合模块,用于基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据,使用Python中scipy库中的curve\_fit函数进行拟合,获得能耗温度曲线,具体公式为:

$$E(t) = \frac{E_1}{1 + e^{-k(t-t_0)}} + E_0;$$

其中, $E(t)$ 表示能耗温度曲线的纵坐标,即拟合后的单位面积空调系统能耗, $t$ 表示能耗温度曲线的横坐标, $k$ 表示空调系统随温度变化敏感程度, $t_0$ 表示特征温度常数, $E_1$ 和 $E_0$ 均表示能耗温度曲线的能耗系数;

最大能耗值确定模块,用于根据能耗温度曲线的能耗系数确定空调系统对应的最大能耗值,具体公式为:

$$E_{\max} = E_1 + E_0;$$

其中, $E_{\max}$ 表示空调系统对应的最大能耗值, $E_1$ 和 $E_0$ 均表示能耗温度曲线的能耗系数;

数据库构建模块,用于根据多个空调系统对应的能耗数组构建数据库,并对能耗数组进行排序;所述能耗数组包括最大能耗值和拟合后 $t$ 温度对应的单位面积空调系统能耗;

阈值确定模块,用于从排序后的所述数据库中选取上四分位值对应的最大能耗值作为第一阈值 $Z1$ ,从排序后的所述数据库中选取下四分位值对应的最大能耗值作为第二阈值 $Z2$ ,从排序后的所述数据库中选取上四分位值对应的拟合后 $t$ 温度对应的单位面积空调系统能耗作为第三阈值 $X1$ ,从排序后的所述数据库中选取下四分位值对应的拟合后 $t$ 温度对应的单位面积空调系统能耗作为第四阈值 $X2$ ;

节能诊断位置确定模块,用于根据第一阈值 $Z1$ 、第二阈值 $Z2$ 、第三阈值 $X1$ 和第四阈值 $X2$ 确定空调系统运行状态以及节能诊断位置。

5. 根据权利要求4所述的空调系统能耗评估诊断系统,其特征在于,所述根据历史能耗数据计算单位面积空调系统能耗集,具体公式为:

$$E_{di} = \left( \frac{E_{di}^1 + E_{di}^2 + E_{di}^3 + E_{di}^4 + E_{di}^5 + E_{di}^6}{F} \right);$$

其中, $E$ 表示单位面积空调系统能耗集, $E = [E_{d1}, E_{d2}, \dots, E_{dn}]$ , $E_{di}$ 表示第 $i$ 天的单位面积

空调系统能耗,  $E_{dn}$  表示第n天的单位面积空调系统能耗,  $E_{di}^1, E_{di}^2, E_{di}^3, E_{di}^4, E_{di}^5, E_{di}^6$  分别表示第i天的冷水机组能耗、冷却塔能耗、冷却水泵能耗、冷冻水泵能耗、空调机组能耗集和空调系统末端能耗,  $F$  表示空调系统的建筑面积。

6. 根据权利要求4所述的空调系统能耗评估诊断系统, 其特征在于, 所述节能诊断位置确定模块, 具体包括:

当  $0 < E(t) \leq X1$  且  $E(t) < E_{max} < \infty$  时, 说明空调系统运行优秀, 无需节能诊断, 其中,  $E(t)$  表示能耗温度曲线的纵坐标, 即拟合后  $t$  温度对应的单位面积空调系统能耗;

当  $Z1 < E_{max} \leq Z2$  且  $X1 < E(t) \leq X2$  且  $E(t) < E_{max}$  时, 说明空调系统运行良好, 有一定的节能潜力, 在冷源与末端的负荷匹配上进行节能诊断, 其中,  $E_{max}$  表示空调系统对应的最大能耗值;

当  $Z1 < E_{max}$  且  $X1 < E(t) \leq X2$  且  $E(t) < E_{max}$  时, 说明空调系统运行良好, 无需节能诊断;

当  $Z1 < E_{max} \leq Z2$  且  $X2 < E(t) < E_{max}$  时, 说明空调系统运行较差, 系统节能潜力很大, 从能耗占比最大的组件依次进行节能诊断;

当  $Z2 < E_{max}$  且  $X2 < E(t) < E_{max}$  时, 说明空调系统运行效果很差, 冷源机组或输配系统出现故障。

## 一种空调系统能耗评估诊断及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及能耗评估诊断技术领域,特别是涉及一种空调系统能耗评估诊断及系统。

### 背景技术

[0002] 目前空调系统能耗评估方法的指标为年单位面积能耗强度 $\text{kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}^2)$ 。但现有能耗评估并没有与节能诊断相结合。另外,现有能耗评估方法通过收集建筑空调系统一年或一个供冷季节的空调系统能耗值除以设置空调系统的建筑面积从而得到建筑年空调系统单位面积能耗强度,该能耗值包括:冷源能耗、输配系统能耗以及末端系统能耗等。但该方法存在以下缺陷:

[0003] 1、只能对建筑空调系统的整个供冷季的累计耗电量进行评估,无法评估空调系统实际运行性能;不同气候区的建筑案例,由于建筑全年空调系统运行时间不同、气象参数不同等原因而无法比较空调系统能耗强度,现行年空调能耗评价指标需根据气候区给出。然而气候区的划分是人为界定,最终导致评价出现很大偏差。

[0004] 2、对于同一建筑案例而言,不同年份的年单位面积能耗强度受到每年的气象参数不同的影响,纵向比较也会出现较大偏差,给建筑空调系统节能运行改造的性能评估带来难题。

[0005] 针对以上问题,如何建立一种不受气候区、系统运行时间等因素限制的空调系统能耗评估诊断方法成为本领域亟需解决的技术问题。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种空调系统能耗评估诊断及系统,以提高对空调系统能耗评估以及节能诊断的准确性。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了一种空调系统能耗评估诊断方法,所述方法包括:

[0008] 步骤S1:采集各空调系统对应的历史能耗数据和历史温度数据;所述历史能耗数据包括:冷水机组能耗集、冷却塔能耗集、冷却水泵能耗集、冷冻水泵能耗集、空调机组能耗集和空调系统末端能耗集;

[0009] 步骤S2:根据历史能耗数据计算单位面积空调系统能耗集;

[0010] 步骤S3:基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据进行拟合,获得能耗温度曲线;

[0011] 步骤S4:根据能耗温度曲线的能耗系数确定空调系统对应的最大能耗值;

[0012] 步骤S5:根据多个空调系统对应的能耗数组构建数据库,并对能耗数组进行排序;所述能耗数组包括最大能耗值和拟合后 $t$ 温度对应的单位面积空调系统能耗;

[0013] 步骤S6:从排序后的所述数据库中选取上四分位值对应的最大能耗值作为第一阈值 $Z_1$ ,从排序后的所述数据库中选取下四分位值对应的最大能耗值作为第二阈值 $Z_2$ ,从排序后的所述数据库中选取上四分位值对应的拟合后 $t$ 温度对应的单位面积空调系统能耗作

为第三阈值X1,从排序后的所述数据库中选取下四分位值对应的拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗作为第四阈值X2;

[0014] 步骤S7:根据第一阈值Z1、第二阈值Z2、第三阈值X1和第四阈值X2确定空调系统运行状态以及节能诊断位置。

[0015] 可选地,所述根据历史能耗数据计算单位面积空调系统能耗集,具体公式为:

$$[0016] \quad E_{di} = \left( \frac{E_{di}^1 + E_{di}^2 + E_{di}^3 + E_{di}^4 + E_{di}^5 + E_{di}^6}{F} \right);$$

[0017] 其中,E表示单位面积空调系统能耗集, $E = [E_{d1}, E_{d2}, \dots, E_{dn}]$ , $E_{di}$ 表示第i天的单位面积空调系统能耗, $E_{dn}$ 表示第n天的单位面积空调系统能耗, $E_{di}^1, E_{di}^2, E_{di}^3, E_{di}^4, E_{di}^5, E_{di}^6$ 分别表示第i天的冷水机组能耗、冷却塔能耗、冷却水泵能耗、冷冻水泵能耗、空调机组能耗集和空调系统末端能耗,F表示空调系统的建筑面积。

[0018] 可选地,所述步骤S7,具体包括:

[0019] 当 $0 < E(t) \leq X1$ 且 $E(t) < E_{max} < \infty$ 时,说明空调系统运行优秀,无需节能诊断,其中,E(t)表示能耗温度曲线的纵坐标,即拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗;

[0020] 当 $Z1 < E_{max} \leq Z2$ 且 $X1 < E(t) \leq X2$ 且 $E(t) < E_{max}$ 时,说明空调系统运行良好,有一定的节能潜力,在冷源与末端的负荷匹配上进行节能诊断,其中, $E_{max}$ 表示空调系统对应的最大能耗值;

[0021] 当 $Z1 < E_{max}$ 且 $X1 < E(t) \leq X2$ 且 $E(t) < E_{max}$ 时,说明空调系统运行良好,无需节能诊断;

[0022] 当 $Z1 < E_{max} \leq Z2$ 且 $X2 < E(t) < E_{max}$ 时,说明空调系统运行较差,系统节能潜力很大,从能耗占比最大的组件依次进行节能诊断;

[0023] 当 $Z2 < E_{max}$ 且 $X2 < E(t) < E_{max}$ 时,说明空调系统运行效果很差,冷源机组或输配系统出现故障。

[0024] 可选地,所述步骤S3,具体包括:

[0025] 基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据,使用Python中scipy库中的curve\_fit函数进行拟合,获得能耗温度曲线。

[0026] 可选地,所述基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据进行拟合,获得能耗温度曲线,具体公式为:

$$[0027] \quad E(t) = \frac{E_1}{1 + e^{-k(t-t_0)}} + E_0;$$

[0028] 其中,E(t)表示能耗温度曲线的纵坐标,即拟合后的单位面积空调系统能耗,t表示能耗温度曲线的横坐标,即拟合后的日均干球温度,k表示空调系统随温度变化敏感程度, $t_0$ 表示特征温度常数, $E_1$ 和 $E_0$ 均表示能耗温度曲线的能耗系数。

[0029] 本发明还提供一种空调系统能耗评估诊断系统,所述系统包括:

[0030] 采集模块,用于采集各空调系统对应的历史能耗数据和历史温度数据;所述历史能耗数据包括:冷水机组能耗集、冷却塔能耗集、冷却水泵能耗集、冷冻水泵能耗集、空调机组能耗集和空调系统末端能耗集;

[0031] 单位面积空调系统能耗集确定模块,用于根据历史能耗数据计算单位面积空调系

统能耗集；

[0032] 拟合模块,用于基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据进行拟合,获得能耗温度曲线；

[0033] 最大能耗值确定模块,用于根据能耗温度曲线的能耗系数确定空调系统对应的最大能耗值；

[0034] 数据库构建模块,用于根据多个空调系统对应的能耗数组构建数据库,并对能耗数组进行排序；所述能耗数组包括最大能耗值和拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗；

[0035] 阈值确定模块,用于从排序后的所述数据库中选取上四分位值对应的最大能耗值作为第一阈值Z1,从排序后的所述数据库中选取下四分位值对应的最大能耗值作为第二阈值Z2,从排序后的所述数据库中选取上四分位值对应的拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗作为第三阈值X1,从排序后的所述数据库中选取下四分位值对应的拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗作为第四阈值X2；

[0036] 节能诊断位置确定模块,用于根据第一阈值Z1、第二阈值Z2、第三阈值X1和第四阈值X2确定空调系统运行状态以及节能诊断位置。

[0037] 可选地,所述根据历史能耗数据计算单位面积空调系统能耗集,具体公式为：

$$[0038] \quad E_{di} = \left( \frac{E_{di}^1 + E_{di}^2 + E_{di}^3 + E_{di}^4 + E_{di}^5 + E_{di}^6}{F} \right);$$

[0039] 其中,E表示单位面积空调系统能耗集, $E = [E_{d1}, E_{d2}, \dots, E_{dn}]$ , $E_{di}$ 表示第i天的单位面积空调系统能耗, $E_{dn}$ 表示第n天的单位面积空调系统能耗, $E_{di}^1, E_{di}^2, E_{di}^3, E_{di}^4, E_{di}^5, E_{di}^6$ 分别表示第i天的冷水机组能耗、冷却塔能耗、冷却水泵能耗、冷冻水泵能耗、空调机组能耗集和空调系统末端能耗,F表示空调系统的建筑面积。

[0040] 可选地,所述节能诊断位置确定模块,具体包括：

[0041] 当 $0 < E(t) \leq X1$ 且 $E(t) < E_{\max} < \infty$ 时,说明空调系统运行优秀,无需节能诊断,其中, $E(t)$ 表示能耗温度曲线的纵坐标,即拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗；

[0042] 当 $Z1 < E_{\max} \leq Z2$ 且 $X1 < E(t) \leq X2$ 且 $E(t) < E_{\max}$ 时,说明空调系统运行良好,有一定的节能潜力,在冷源与末端的负荷匹配上进行节能诊断,其中, $E_{\max}$ 表示空调系统对应的最大能耗值；

[0043] 当 $Z1 < E_{\max}$ 且 $X1 < E(t) \leq X2$ 且 $E(t) < E_{\max}$ 时,说明空调系统运行良好,无需节能诊断；

[0044] 当 $Z1 < E_{\max} \leq Z2$ 且 $X2 < E(t) < E_{\max}$ 时,说明空调系统运行较差,系统节能潜力很大,从能耗占比最大的组件依次进行节能诊断；

[0045] 当 $Z2 < E_{\max}$ 且 $X2 < E(t) < E_{\max}$ 时,说明空调系统运行效果很差,冷源机组或输配系统出现故障。

[0046] 可选地,所述拟合模块,具体包括：

[0047] 基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据,使用Python中scipy库中的curve\_fit函数进行拟合,获得能耗温度曲线。

[0048] 可选地,所述基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据进行拟合,

获得能耗温度曲线,具体公式为:

$$[0049] \quad E(t) = \frac{E_1}{1 + e^{-k(t-t_0)}} + E_0;$$

[0050] 其中, $E(t)$ 表示能耗温度曲线的纵坐标,即拟合后的单位面积空调系统能耗, $t$ 表示能耗温度曲线的横坐标,即拟合后的日均干球温度, $k$ 表示空调系统随温度变化敏感程度, $t_0$ 表示特征温度常数, $E_1$ 和 $E_0$ 均表示能耗温度曲线的能耗系数。

[0051] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:

[0052] 本发明公开一种空调系统能耗评估诊断及系统,首先根据历史能耗数据计算单位面积空调系统能耗集;其次基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据进行拟合,获得能耗温度曲线;根据能耗温度曲线的能耗系数确定空调系统对应的最大能耗值;再次根据多个空调系统对应的能耗数组构建数据库,并对能耗数组进行排序;然后基于排序后的数据库确定第一阈值、第二阈值、第三阈值和第四阈值,最后根据第一阈值、第二阈值、第三阈值和第四阈值确定空调系统运行状态以及节能诊断位置。本发明公开一种不受气候区、系统运行时间等因素限制的空调系统能耗评估诊断方法,提高了能耗评估以及节能诊断的准确性。

## 附图说明

[0053] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例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。

[0054] 图1为本发明空调系统能耗评估诊断方法流程图;

[0055] 图2为本发明能耗评估示意图;

[0056] 图3为本发明空调系统能耗评估诊断系统结构图。

## 具体实施方式

[0057] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅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,都属于本发明保护的范围。

[0058] 本发明的目的是提供一种空调系统能耗评估诊断及系统,以提高对空调系统能耗评估以及节能诊断的准确性。

[0059] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0060] 如图1所示,本发明公开一种空调系统能耗评估诊断方法,所述方法包括:

[0061] 步骤S1:采集各空调系统对应的历史能耗数据和历史温度数据。

[0062] 步骤S2:根据历史能耗数据计算单位面积空调系统能耗集。

[0063] 步骤S3:基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据进行拟合,获得能耗温度曲线。

[0064] 步骤S4:根据能耗温度曲线的能耗系数确定空调系统对应的最大能耗值。

[0065] 步骤S5:根据多个空调系统对应的能耗数组构建数据库,并对能耗数组进行排序;所述能耗数组包括最大能耗值和拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗。

[0066] 步骤S6:从排序后的所述数据库中选取上四分位值对应的最大能耗值作为第一阈值Z1,从排序后的所述数据库中选取下四分位值对应的最大能耗值作为第二阈值Z2,从排序后的所述数据库中选取上四分位值对应的拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗作为第三阈值X1,从排序后的所述数据库中选取下四分位值对应的拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗作为第四阈值X2。

[0067] 步骤S7:根据第一阈值Z1、第二阈值Z2、第三阈值X1和第四阈值X2确定空调系统运行状态以及节能诊断位置。

[0068] 下面对各个步骤进行详细论述:

[0069] 步骤S1:采集各空调系统对应的历史能耗数据和历史温度数据。

[0070] 所述历史能耗数据包括:冷水机组能耗集 $E^1$ ,  $E^1 = [E_{d1}^1, E_{d2}^1, \dots, E_{dn}^1]$ ,其中,  $E_{dn}^1$ 表示第n天的冷水机组能耗;冷却塔能耗集 $E^2$ ,  $E^2 = [E_{d1}^2, E_{d2}^2, \dots, E_{dn}^2]$ ,其中,  $E_{dn}^2$ 表示第n天的冷却塔能耗;冷却水泵能耗集 $E^3$ ,  $E^3 = [E_{d1}^3, E_{d2}^3, \dots, E_{dn}^3]$ ,其中,  $E_{dn}^3$ 表示第n天的冷却水泵能耗;冷冻水泵能耗集 $E^4$ ,  $E^4 = [E_{d1}^4, E_{d2}^4, \dots, E_{dn}^4]$ ,其中,  $E_{dn}^4$ 表示第n天的冷冻水泵能耗;空调机组能耗集 $E^5$ ,  $E^5 = [E_{d1}^5, E_{d2}^5, \dots, E_{dn}^5]$ ,其中,  $E_{dn}^5$ 表示第n天的空调机组能耗;空调系统末端能耗集 $E^6$ ,  $E^6 = [E_{d1}^6, E_{d2}^6, \dots, E_{dn}^6]$ ,其中,  $E_{dn}^6$ 表示第n天的空调系统末端能耗。

[0071] 所述历史温度数据为供冷季室外日均干球温度集 $T$ ,  $T = [t_1, t_2, \dots, t_n]$ ,其中,  $t_n$ 表示第n天室外日均干球温度。

[0072] 步骤S2:根据历史能耗数据计算单位面积空调系统能耗集,具体公式为:

$$[0073] \quad E_{di} = \left( \frac{E_{di}^1 + E_{di}^2 + E_{di}^3 + E_{di}^4 + E_{di}^5 + E_{di}^6}{F} \right);$$

[0074] 其中, $E$ 表示单位面积空调系统能耗集,  $E = [E_{d1}, E_{d2}, \dots, E_{dn}]$ ,  $E_{di}$ 表示第i天的单位面积空调系统能耗,  $E_{dn}$ 表示第n天的单位面积空调系统能耗,  $E_{di}^1, E_{di}^2, E_{di}^3, E_{di}^4, E_{di}^5, E_{di}^6$ 分别表示第i天的冷水机组能耗、冷却塔能耗、冷却水泵能耗、冷冻水泵能耗、空调机组能耗集和空调系统末端能耗,  $F$ 表示空调系统的建筑面积。

[0075] 步骤S3:基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据进行拟合,获得能耗温度曲线,具体公式为:

$$[0076] \quad E(t) = \frac{E_1}{1 + e^{-k(t-t_0)}} + E_0;$$

[0077] 其中,  $E(t)$ 表示能耗温度曲线的纵坐标,即拟合后的单位面积空调系统能耗,  $t$ 表示能耗温度曲线的横坐标,即拟合后的日均干球温度,  $k$ 表示空调系统随温度变化敏感程度,  $t_0$ 表示特征温度常数,  $E_1$ 和 $E_0$ 均表示能耗温度曲线的能耗系数。

[0078] 本发明基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据,使用Python中scipy库中的curve\_fit函数进行拟合,获得能耗温度曲线;curve\_fit函数是基于非线性最小方差的方法将所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据拟合成Sigmoid函数曲线,即能耗温度曲线。

[0079] 步骤S4:根据能耗温度曲线的能耗系数确定空调系统对应的最大能耗值,具体公式为:

$$[0080] \quad E_{\max} = E_1 + E_0;$$

[0081] 其中, $E_{\max}$ 表示空调系统对应的最大能耗值, $E_1$ 和 $E_0$ 均表示能耗温度曲线的能耗系数。

[0082] 步骤S7:根据第一阈值Z1、第二阈值Z2、第三阈值X1和第四阈值X2确定空调系统运行状态以及节能诊断位置,具体包括:

[0083] 当 $0 < E(t) \leq X1$ 且 $E(t) < E_{\max} < \infty$ 时,说明空调系统运行优秀,无需节能诊断,其中, $E(t)$ 表示能耗温度曲线的纵坐标,即拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗。

[0084] 当 $Z1 < E_{\max} \leq Z2$ 且 $X1 < E(t) \leq X2$ 且 $E(t) < E_{\max}$ 时,说明空调系统运行良好,有一定的节能潜力,在冷源与末端的负荷匹配上进行节能诊断,其中, $E_{\max}$ 表示空调系统对应的最大能耗值。

[0085] 当 $Z1 < E_{\max}$ 且 $X1 < E(t) \leq X2$ 且 $E(t) < E_{\max}$ 时,说明空调系统运行良好,无需节能诊断。

[0086] 当 $Z1 < E_{\max} \leq Z2$ 且 $X2 < E(t) < E_{\max}$ 时,说明空调系统运行较差,系统节能潜力很大,从能耗占比最大的组件依次进行节能诊断。

[0087] 当 $Z2 < E_{\max}$ 且 $X2 < E(t) < E_{\max}$ 时,说明空调系统运行效果很差,冷源机组或输配系统出现故障。

[0088] 本实施中,温度t为 $30^\circ$ ,第一阈值Z1为0.25,第二阈值Z2为0.35,第三阈值X1为0.15,第四阈值X2为0.25。因此能耗评估以及节能诊断如表1和图2所示。

[0089] 表1能耗评估及节能诊断表

区域名称	$E_{(t=30^{\circ}\text{C})}$ 区间值 kWh/m <sup>2</sup>	$E_{\text{max}}$ 区间值 kWh/m <sup>2</sup>	结论及建议
A 区	(0,0.15]	>0	空调系统运行优秀。
B 区	(0.15,0.25]	(0.15,0.25]	空调系统运行良好,有一定得节能潜力。需在冷源与末端的负荷匹配上进行节能诊断,部分负荷的节能运行等。
C 区	(0.15,0.25]	>0.25	空调系统运行良好。
D 区	(0.25,0.35]	(0.25,0.35]	空调系统运行较差,系统节能潜力很大。系统设计较为合理,运行不当造成运行能耗较大。主要从冷源机组与输配系统等能耗占比较大的组件开始进行节能诊断分析。
E 区	>0.25	>0.35	空调系统运行效果很差,可能的原因:系统设计缺陷,冷源机组或输配系统出现较大故障等。需要对系统中各部分组件深度节能诊断。

[0091] 如图3所示,本发明还提供一种空调系统能耗评估诊断系统,所述系统包括:

[0092] 采集模块301,用于采集各空调系统对应的历史能耗数据和历史温度数据;所述历史能耗数据包括:冷水机组能耗集、冷却塔能耗集、冷却水泵能耗集、冷冻水泵能耗集、空调机组能耗集和空调系统末端能耗集。

[0093] 单位面积空调系统能耗集确定模块302,用于根据历史能耗数据计算单位面积空调系统能耗集。

[0094] 拟合模块303,用于基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据进行拟合,获得能耗温度曲线。

[0095] 最大能耗值确定模块304,用于根据能耗温度曲线的能耗系数确定空调系统对应的最大能耗值。

[0096] 数据库构建模块305,用于根据多个空调系统对应的能耗数组构建数据库,并对能耗数组进行排序;所述能耗数组包括最大能耗值和拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗。

[0097] 阈值确定模块306,用于从排序后的所述数据库中选取上四分位值对应的最大能耗值作为第一阈值Z1,从排序后的所述数据库中选取下四分位值对应的最大能耗值作为第二阈值Z2,从排序后的所述数据库中选取上四分位值对应的拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗作为第三阈值X1,从排序后的所述数据库中选取下四分位值对应的拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗作为第四阈值X2。

[0098] 节能诊断位置确定模块307,用于根据第一阈值Z1、第二阈值Z2、第三阈值X1和第四阈值X2确定空调系统运行状态以及节能诊断位置。

[0099] 作为一种可选的实施方式,本发明所述根据历史能耗数据计算单位面积空调系统能耗集,具体公式为:

$$[0100] \quad E_{di} = \left( \frac{E_{di}^1 + E_{di}^2 + E_{di}^3 + E_{di}^4 + E_{di}^5 + E_{di}^6}{F} \right);$$

[0101] 其中,E表示单位面积空调系统能耗集, $E = [E_{d1}, E_{d2}, \dots, E_{dn}]$ , $E_{di}$ 表示第i天的单位面积空调系统能耗, $E_{dn}$ 表示第n天的单位面积空调系统能耗, $E_{di}^1, E_{di}^2, E_{di}^3, E_{di}^4, E_{di}^5, E_{di}^6$ 分别表示第i天的冷水机组能耗、冷却塔能耗、冷却水泵能耗、冷冻水泵能耗、空调机组能耗集和空调系统末端能耗,F表示空调系统的建筑面积。

[0102] 作为一种可选的实施方式,本发明所述节能诊断位置确定模块,具体包括:

[0103] 当 $0 < E(t) \leq X1$ 且 $E(t) < E_{max} < \infty$ 时,说明空调系统运行优秀,无需节能诊断,其中, $E(t)$ 表示能耗温度曲线的纵坐标,即拟合后t温度对应的单位面积空调系统能耗。

[0104] 当 $Z1 < E_{max} \leq Z2$ 且 $X1 < E(t) \leq X2$ 且 $E(t) < E_{max}$ 时,说明空调系统运行良好,有一定的节能潜力,在冷源与末端的负荷匹配上进行节能诊断,其中, $E_{max}$ 表示空调系统对应的最大能耗值。

[0105] 当 $Z1 < E_{max}$ 且 $X1 < E(t) \leq X2$ 且 $E(t) < E_{max}$ 时,说明空调系统运行良好,无需节能诊断。

[0106] 当 $Z1 < E_{max} \leq Z2$ 且 $X2 < E(t) < E_{max}$ 时,说明空调系统运行较差,系统节能潜力很大,从能耗占比最大的组件依次进行节能诊断。

[0107] 当 $Z2 < E_{max}$ 且 $X2 < E(t) < E_{max}$ 时,说明空调系统运行效果很差,冷源机组或输配系统出现故障。

[0108] 作为一种可选的实施方式,本发明所述拟合模块,具体包括:

[0109] 基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据,使用Python中scipy库中的curve\_fit函数进行拟合,获得能耗温度曲线。

[0110] 作为一种可选的实施方式,本发明所述基于所述单位面积空调系统能耗集和所述历史温度数据进行拟合,获得能耗温度曲线,具体公式为:

$$[0111] \quad E(t) = \frac{E_1}{1 + e^{-k(t-t_0)}} + E_0;$$

[0112] 其中, $E(t)$ 表示能耗温度曲线的纵坐标,即拟合后的单位面积空调系统能耗,t表示能耗温度曲线的横坐标,即拟合后的日均干球温度,k表示空调系统随温度变化敏感程度, $t_0$ 表示特征温度常数, $E_1$ 和 $E_0$ 均表示能耗温度曲线的能耗系数。

[0113] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0114] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

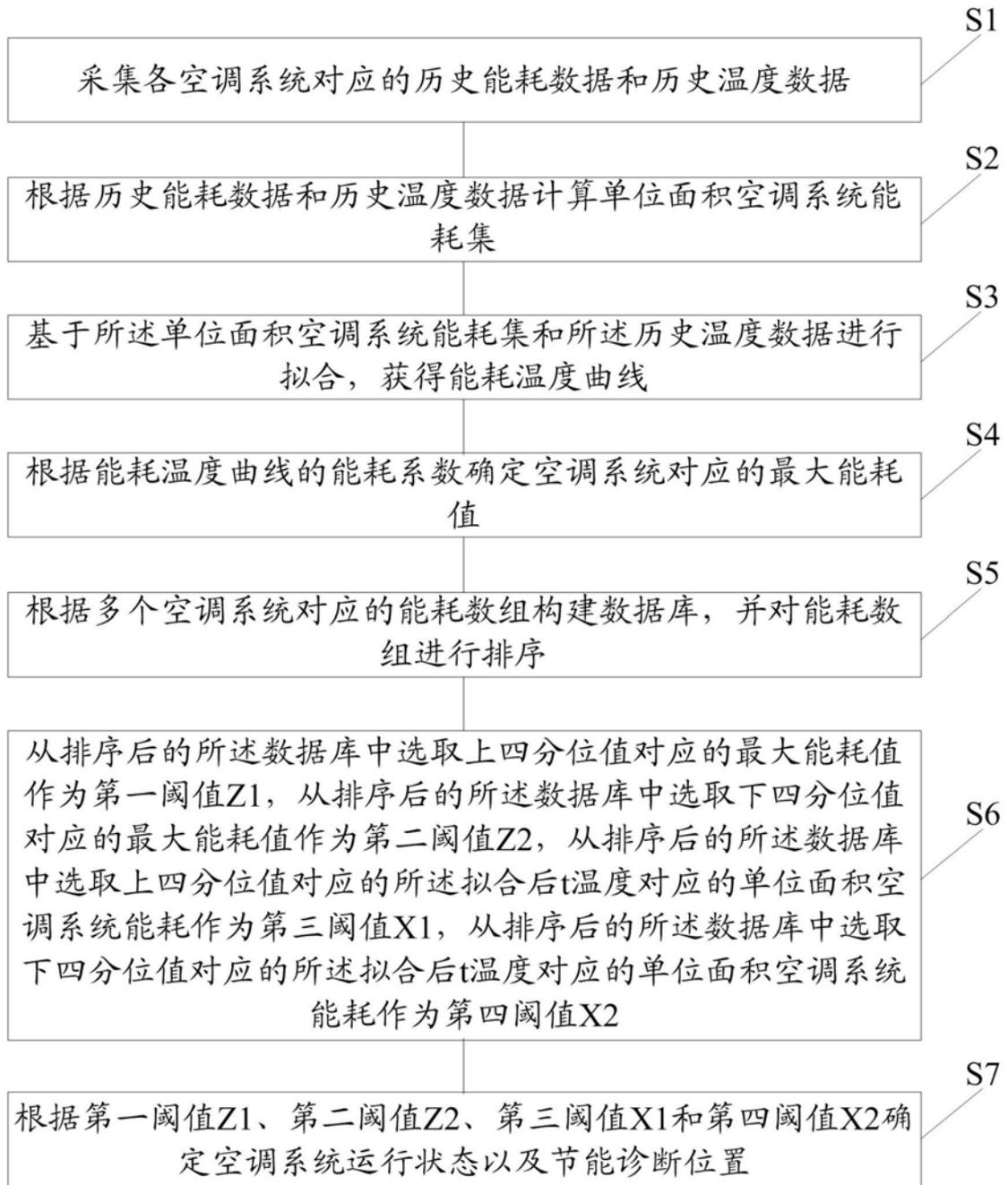


图1

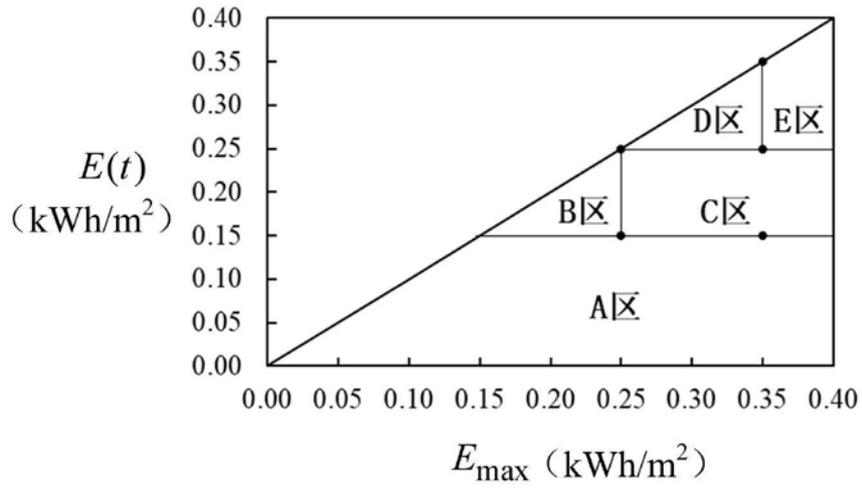


图2



图3