



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110779239 B

(45) 授权公告日 2022.01.04

(21) 申请号 201911077340.3

F24H 4/02 (2006.01)

(22) 申请日 2019.11.06

F24H 9/20 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

F24S 20/40 (2018.01)

申请公布号 CN 110779239 A

F24S 50/40 (2018.01)

(43) 申请公布日 2020.02.11

(56) 对比文件

(73) 专利权人 杭州电子科技大学

CN 108413628 A, 2018.08.17

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2号大街

CN 107504552 A, 2017.12.22

CN 102927605 A, 2013.02.13

CN 108775619 A, 2018.11.09

(72) 发明人 姜周曙 王肖龙

CN 208566851 U, 2019.03.01

CN 101338955 A, 2009.01.07

(74) 专利代理机构 杭州浙科专利事务所(普通合伙) 33213

CN 106123360 A, 2016.11.16

CN 106440396 A, 2017.02.22

代理人 孙孟辉

CN 106052162 A, 2016.10.26

审查员 潘华伟

(51) Int. Cl.

F25B 30/06 (2006.01)

F25B 41/40 (2021.01)

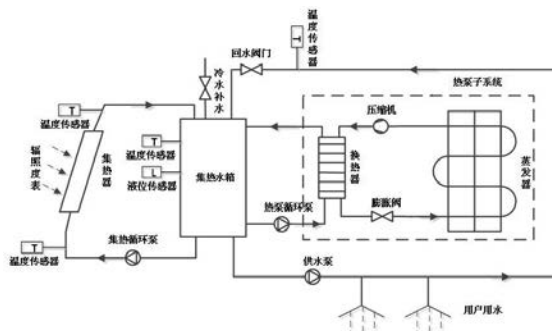
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵控制系统及节能控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵控制系统,包括太阳能集热器、空气源热泵、集热水箱,其特征在于,还包括采集设备和控制模块,所述采集设备与所述太阳能集热器、所述空气源热泵、所述集热水箱连接,所述控制模块分别与所述采集设备、所述空气源热泵连接;所述采集设备,包括温度传感器、液位传感器、辐照度表,用于采集外部环境的温度、辐照度,采集所述集热水箱的温度、液位高度;所述控制模块,用于接收所述采集设备的采集数据,对所述采集数据进行计算,控制所述空气源热泵。



1. 一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵控制系统,包括太阳能集热器、空气源热泵、集热水箱,其特征在于,还包括采集设备和控制模块,所述采集设备与所述太阳能集热器、所述空气源热泵、所述集热水箱连接,所述控制模块分别与所述采集设备、所述空气源热泵连接;

所述采集设备,包括温度传感器、液位传感器、辐照度表,用于实时采集外部环境的温度、辐照度,实时采集所述集热水箱的温度、液位高度;实时采集太阳能集热器出口温度;所述控制模块与所述太阳能集热器的集热循环泵连接,用于控制所述集热循环泵;

所述控制模块,用于接收所述采集设备的采集数据,对所述采集数据进行计算,控制所述空气源热泵,设计控制方法,通过开启和关闭所述空气源热泵,使得系统制热水总负荷 $Q_t$ ,空气源热泵制热量 $Q_p$ ,太阳能集热器制热量 $Q_s$ ,满足 $(Q_p+Q_s) \geq Q_t$ ;假设用户用水时刻为 $t_{end}$ ,系统判断时刻为 $t_i$ ,根据 $t_i$ 时刻所述集热水箱中的水温、目标水温及所述集热水箱中水量,计算出到用户用水时刻需要的总加热量,即所述系统制热水总负荷 $Q_t$ , $t_i$ 时刻到 $t_{end}$ 时刻太阳能集热器制热量 $Q_s$ ;  $t_i+1$ 时刻到 $t_{end}$ 时刻所述空气源热泵制热量 $Q_p$ ;当 $(Q_p+Q_s) < Q_t$ 时,开启所述空气源热泵,直至下次判断时刻,反之,不开启或关闭所述空气源热泵。

2. 根据权利要求1所述的一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵控制系统,其特征在于,所述控制模块包括控制单元和采集单元,所述采集单元包括AD板、PO板,所述控制单元分别与所述AD板和所述PO板连接;所述AD板与所述采集设备连接,用于收集所述采集设备的数据并发给所述控制单元;所述控制单元,对所述采集数据进行计算,根据计算结果对所述PO板发送相应的控制信息;所述PO板与所述空气源热泵连接,用于接收所述控制单元的控制信息,控制所述空气源热泵。

3. 根据权利要求1所述的一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵控制系统,其特征在于,还包括数据库模块,所述数据库模块与所述控制模块连接;所述数据库模块包括数据存储单元和数据展示单元,所述数据存储单元用于存储控制设备发送的数据,所述数据展示单元用于展示所述控制系统的运行趋势。

4. 根据权利要求1所述的一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵控制系统,其特征在于,还包括回水阀门、供水泵,所述回水阀门和所述供水泵分别与用户供水端和所述控制模块连接;所述采集设备还用于采集用户供水端的回水温度,所述控制模块还用于控制所述回水阀门和所述供水泵。

5. 一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵节能控制方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤一,实时采集集热水箱温度、集热水箱液位高度、环境温度、辐照度;

步骤二,构建数学模型,根据实时采集数据计算系统制热水总负荷、空气源热泵制热量、太阳能集热器集热量;

所述系统制热水总负荷,通过 $Q_t = C\rho v \Delta t$ 计算得到, $\rho$ 是水的密度, $C$ 是水的比热容, $v$ 是水的体积, $\Delta t$ 是用户用水温度与所述集热水箱当前温度的差值;

所述空气源热泵制热量,通过 $Q_p = \int_{t_1}^{t_2} COP \times P dt$ 计算得到, $COP$ 是所述空气源热泵工作能效比, $COP = K_{cop} T_{in} + K_{e1} T_e + b_1$ ,式中, $T_{in}$ 是所述集热水箱的热水温度, $T_e$ 是所述环境温度, $K_{cop}$ 、 $K_{e1}$ 、 $b_1$ 均为常数,可根据热泵运行的历史数据通过MATLAB仿真得到; $P$ 是所述空气源热

泵运行功率,  $P = K_p T_{in} + K_{e2} T_e + b_2$ ,  $T_{in}$  是所述集热水箱热水温度,  $T_e$  是所述环境温度,  $K_p$ 、 $K_{e2}$ 、 $b_2$  均为常数, 可根据热泵运行的历史数据通过MATLAB仿真得到;  $t_1$  是所述空气源热泵开始制热的时刻;  $t_2$  是所述空气源热泵结束制热的时刻;

所述太阳能集热器集热量, 通过  $Q_s = I A_c \eta_d (1 - \eta_1)$  计算得到,  $I$  是平均太阳能辐射量,  $A_c$  是所述太阳能集热器的采光面积,  $\eta_d$  是所述太阳能集热器的集热效率,  $\eta_1$  是管路及所述集热水箱损失率;

步骤三, 设计控制方法, 通过开启和关闭所述空气源热泵, 使得所述系统制热水总负荷  $Q_t$ , 空气源热泵制热量  $Q_p$ , 太阳能集热器制热量  $Q_s$ , 满足  $(Q_p + Q_s) \geq Q_t$ ;

假设用户用水时刻为  $t_{end}$ , 系统判断时刻为  $t_i$ , 根据  $t_i$  时刻所述集热水箱中的水温、目标水温及所述集热水箱中水量, 计算出到用户用水时刻需要的总加热量, 即所述系统制热水总负荷  $Q_t$ ,  $t_i$  时刻到  $t_{end}$  时刻太阳能集热器制热量  $Q_s$ ;  $t_i + 1$  时刻到  $t_{end}$  时刻所述空气源热泵制热量  $Q_p$ ; 当  $(Q_p + Q_s) < Q_t$  时, 开启所述空气源热泵, 直至下次判断时刻, 反之, 不开启或关闭所述空气源热泵。

6. 根据权利要求5所述的一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵节能控制方法, 其特征在于, 所述太阳能辐射量, 符合基于时间  $t$  的正态分布, 其概率分布函数为  $f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ ,

根据数值分布的概率,  $t$  的取值在  $(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$  之间的概率是 0.9974, 设日出时间是  $a$ , 日落时间是  $b$ , 则  $\mu - 3\sigma = a$ ,  $\mu + 3\sigma = b$ , 从而得出  $\mu = (a+b)/2$ ,  $\sigma = (b-a)/2$ , 其中  $\mu$  反映了一天中太阳能辐射最强的时刻,  $\sigma$  反应了时间轴的取值范围, 在时间区间  $[t_a, t_b]$  内太阳能辐射量占一天总辐射量的比重是  $P\{t_a \leq t \leq t_b\} = \Phi\left(\frac{t_b - \mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{t_a - \mu}{\sigma}\right)$ , 从而可根据某段时间内太阳能集热量来预测一整天的集热量。

7. 根据权利要求5所述的一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵节能控制方法, 其特征在于, 所述步骤一还采集太阳能集热器出口温度, 当所述太阳能集热器出口温度与所述集热水箱温度的差值达到启动温差时, 开启所述太阳能集热器的集热循环泵, 当温差达到停止温差时, 关闭所述集热循环泵。

8. 根据权利要求5所述的一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵节能控制方法, 其特征在于, 所述步骤一还采集回水温度, 当回水温度达到设置的启动温度时, 打开回水阀门及供水泵, 将对供水管进行回水加温循环, 直到达到停止温度, 关闭所述回水阀门及所述供水泵。

## 一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵控制系统及节能控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能-空气源热泵技术领域,尤其是涉及了一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵控制系统及节能控制方法。

### 背景技术

[0002] 随着化石能源的枯竭,新型能源蓬勃发展,新型能源正在逐步替代传统化石能源。太阳能替代传统化石能源一直是能源领域研究重点之一,如何高效利用太阳能显得至关重要。对于单水箱太阳能-热泵集热系统,常规的控制方案是系统按照既定的控制模式运行,但该运行模式不能根据环境的变化动态的调节控制模式,无法更有效的收集和节约能源。

### 发明内容

[0003] 为解决现有技术的不足,实现更有效的收集和节约能源的目的,本发明采用如下的技术方案:

[0004] 一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵控制系统,包括太阳能集热器、空气源热泵、集热水箱,还包括采集设备和控制模块,所述采集设备与所述太阳能集热器、所述空气源热泵、所述集热水箱连接,所述控制模块分别与所述采集设备、所述空气源热泵连接;

[0005] 所述采集设备,包括温度传感器、液位传感器、辐照度表,用于采集外部环境的温度、辐照度,采集所述集热水箱的温度、液位高度;

[0006] 所述控制模块,用于接收所述采集设备的采集数据,对所述采集数据进行计算,控制所述空气源热泵。通过对空气源热泵的控制,在保证用户使用需求的前提下,可以更有效的节约能源。

[0007] 所述控制模块包括控制单元和采集单元,所述采集单元包括AD板、PO板,所述控制单元分别与所述AD板和所述PO板连接;所述AD板与所述采集设备连接,用于收集所述采集设备的数据并发给所述控制单元;所述控制单元,对所述采集数据进行计算,根据计算结果对所述PO板发送相应的控制信息;所述PO板与所述空气源热泵连接,用于接收所述控制单元的控制信息,控制所述空气源热泵。

[0008] 所述控制系统还包括数据库模块,所述数据库模块与所述控制模块连接;所述数据库模块包括数据存储单元和数据展示单元,所述数据存储单元用于存储控制设备发送的数据,所述数据展示单元用于展示所述控制系统的运行趋势。

[0009] 所述采集设备,还用于采集太阳能集热器出口温度;所述控制模块与所述太阳能集热器的集热循环泵连接,用于控制所述集热循环泵。通过对集热循环泵的控制,可以更有效的收集能源。

[0010] 所述控制系统还包括回水阀门、供水泵,所述回水阀门和所述供水泵分别与用户供水端和所述控制模块连接;所述采集设备还用于采集用户供水端的回水温度,所述控制模块还用于控制所述回水阀门和所述供水泵。

[0011] 一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵节能控制方法,包括如下步骤:

[0012] 步骤一,采集集热水箱温度、集热水箱液位高度、环境温度、辐照度;

[0013] 步骤二,构建数学模型,根据所述采集数据计算系统制热水总负荷、空气源热泵制热量、太阳能集热器集热量;

[0014] 所述系统制热水总负荷,通过 $Q_t = C\rho v \Delta t$ 计算得到, $\rho$ 是水的密度, $C$ 是水的比热容, $v$ 是水的体积, $\Delta t$ 是用户用水温度与所述集热水箱当前温度的差值;

[0015] 所述空气源热泵制热量,通过 $Q_p = \int_{t_1}^{t_2} COP \times P dt$ 计算得到, $COP$ 是所述空气源热泵工作能效比, $COP = K_{cop}T_{in} + K_{e1}T_e + b_1$ ,式中, $T_{in}$ 是所述集热水箱的热水温度, $T_e$ 是所述环境温度, $K_{cop}$ 、 $K_{e1}$ 、 $b_1$ 均为常数,可根据热泵运行的历史数据通过MATLAB仿真得到; $P$ 是所述空气源热泵运行功率, $P = K_p T_{in} + K_{e2}T_e + b_2$ , $T_{in}$ 是所述集热水箱热水温度, $T_e$ 是所述环境温度, $K_p$ 、 $K_{e2}$ 、 $b_2$ 均为常数,可根据热泵运行的历史数据通过MATLAB仿真得到; $t_1$ 是所述空气源热泵开始制热的时刻; $t_2$ 是所述空气源热泵结束制热的时刻;

[0016] 所述太阳能集热器集热量,通过 $Q_s = IA_c \eta_d (1 - \eta_l)$ 计算得到, $I$ 是平均太阳能辐射量, $A_c$ 是所述太阳能集热器的采光面积, $\eta_d$ 是所述太阳能集热器的集热效率, $\eta_l$ 是所述管路及所述集热水箱损失率;

[0017] 步骤三,设计控制方法,通过开启和关闭所述空气源热泵,使得所述系统制热水总负荷 $Q_t$ ,空气源热泵制热量 $Q_p$ ,太阳能集热器制热量 $Q_s$ ,满足 $(Q_p + Q_s) \geq Q_t$ 。

[0018] 所述太阳能辐射量,符合基于时间 $t$ 的正态分布,其概率分布函数为 $f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ ,

根据数值分布的概率, $t$ 的取值在 $(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$ 之间的概率是0.9974,设日出时间是 $a$ ,日落时间是 $b$ ,则 $\mu - 3\sigma = a$ , $\mu + 3\sigma = b$ ,从而得出 $\mu = (a+b)/2$ , $\sigma = (b-a)/2$ ,其中 $\mu$ 反映了一天中太阳能辐射最强的时刻, $\sigma$ 反应了时间轴的取值范围,在时间区间 $[t_a, t_b]$ 内太阳能辐射量占一天

种总辐射量的比重是 $P\{t_a \leq t \leq t_b\} = \Phi\left(\frac{t_b - \mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{t_a - \mu}{\sigma}\right)$ ,从而可根据某段时间内太阳能集热量来预测一整天的集热量。

[0019] 所述步骤三,假设用户用水时刻为 $t_{end}$ ,系统判断时刻为 $t_i$ ,根据 $t_i$ 时刻所述集热水箱中的水温、目标水温及所述集热水箱中水量,计算出到用户用水时刻需要的总加热量,即所述系统制热水总负荷 $Q_t$ , $t_i$ 时刻到 $t_{end}$ 时刻太阳能集热器制热量 $Q_s$ ;  $t_i + 1$ 时刻到 $t_{end}$ 时刻所述空气源热泵制热量 $Q_p$ ;当 $(Q_p + Q_s) < Q_t$ 时,开启所述空气源热泵,直至下次判断时刻,反之,不开启或关闭所述空气源热泵。通过对空气源热泵的控制,在保证用户使用需求的前提下,可以更有效的节约能源。

[0020] 所述步骤一还采集太阳能集热器出口温度,当所述太阳能集热器出口温度与所述集热水箱温度的差值达到启动温差时,开启所述太阳能集热器的集热循环泵,当温差达到停止温差时,关闭所述集热循环泵。通过对集热循环泵的控制,可以更有效的收集能源。

[0021] 所述步骤一还采集回水温度,当回水温度达到设置的启动温度时,打开回水阀门及供水泵,将对供水管进行回水加温循环,直到达到停止温度,关闭所述回水阀门及所述供水泵。

[0022] 本发明的优势和有益效果在于:

[0023] 本发明建立了各部件数学模型,复合热源热水基于部件模型,通过对系统全天集热量预测,优化了空气源热泵、集热循环泵、回水阀门及供水泵的启停控制策略,提供了一种智能控制方法,使该系统更加节能,更加智慧。

## 附图说明

[0024] 图1为本发明的太阳能-热泵节能控制系统框架图。

[0025] 图2为本发明的太阳能-热泵节能控制系统结构示意图。

[0026] 图3为本发明的节能控制方法流程图。

## 具体实施方式

[0027] 以下结合附图和具体实施例对本发明作具体的介绍。

[0028] 如图1、2所示,一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵控制系统,包括太阳能集热器、空气源热泵、集热水箱、采集设备、控制模块、数据库模块、回水阀门、供水泵,所述采集设备与所述太阳能集热器、所述空气源热泵、所述集热水箱连接,所述控制模块分别与所述采集设备、所述空气源热泵、所述太阳能集热器的集热循环泵、所述回水阀门和所述供水泵连接,其中控制模块与采集设备采用Modbus协议连接;所述数据库模块与所述控制模块采用TCP协议连接;所述回水阀门和所述供水泵分别与用户供水端连接;

[0029] 所述采集设备,包括温度传感器、液位传感器、辐照度表,用于采集外部环境的温度、辐照度,采集所述集热水箱的温度、液位高度,采集太阳能集热器出口温度,采集用户供水端的回水温度;

[0030] 所述控制模块,包括触摸屏控制器、AD板、P0板,所述触摸屏控制器分别与所述AD板和所述P0板连接;所述AD板与所述采集设备连接,用于收集所述采集设备的数据并发送给所述触摸屏控制器;所述触摸屏控制器,对所述采集数据进行计算,根据计算结果对所述P0板发送相应的控制信息;所述P0板与所述空气源热泵、所述集热循环泵、所述回水阀门和所述供水泵连接,用于接收所述触摸屏控制器的控制信息,控制所述空气源热泵、所述集热循环泵、所述回水阀门和所述供水泵;

[0031] 传感器实时采集集热水箱温度、集热水箱液位高度、环境温度、辐照度,根据各部件数学模型,利用触摸屏控制器将采集的数据进行计算,根据计算的结果控制空气源热泵开启时间点及开启时长,在保证用户使用需求的前提下,达到更有效的节能效果;

[0032] 传感器实时采集太阳能集热器出口温度、集热水箱温度,当太阳能集热器出口温度 $T_1$ 与集热水箱温度 $T_2$ 的差值达到启动温差时,如 $T_1 - T_2 > 8^\circ\text{C}$ ,开启集热循环泵;当温差达到停止温差时,如 $T_1 - T_2 < 2^\circ\text{C}$ ,关闭集热循环泵,从而更有效的收集热能;

[0033] 传感器实时采集用户供水端的回水温度,当回水温度 $T_3$ 达到设置的启动温度时,如 $T_3 < 35^\circ\text{C}$ ,打开回水阀门及供水泵,集热水箱将对供水管进行回水加温循环,直达到到停止温度,如 $T_3 > 40^\circ\text{C}$ ,关闭所述回水阀门及所述供水泵。

[0034] 所述数据库模块包括数据存储单元和数据展示单元,所述数据存储单元用于存储控制设备发送的数据,包括液位高度、温度、辐照度以及触摸屏控制器计算所得的热泵功率、热泵COP的数据;所述数据展示单元用于展示所述控制系统的运行趋势,包括温度、液位高度、辐照度及所述触摸屏控制器计算所得的热泵功率、热泵COP的数据变化趋势。

[0035] 如图3所示,一种基于预测模型的太阳能-空气源热泵节能控制方法,其特征在于,包括如下步骤:

[0036] 步骤一,采集集热水箱温度、集热水箱液位高度、环境温度、辐照度、太阳能集热器出口温度、回水温度;

[0037] 步骤二,构建数学模型,根据所述采集数据,利用所述触摸屏控制器计算系统制热水总负荷、空气源热泵制热量、太阳能集热器集热量;

[0038] 所述系统制热水总负荷,是根据用户用水量、用户用水温度和集热水箱温度计算出的用户需要的热量,通过 $Q_t = C\rho v \Delta t$ 计算得到, $\rho$ 是水的密度, $C$ 是水的比热容, $v$ 是水的体积, $\Delta t$ 是用户用水温度与所述集热水箱当前温度的差值;

[0039] 所述空气源热泵制热量,是根据集热水箱的温度、环境温度和空气源热泵运行历史数据,计算得出,通过 $Q_p = \int_{t_1}^{t_2} COP \times P dt$ 计算得到, $COP$ 是所述空气源热泵工作能效比, $COP = K_{cop} T_{in} + K_{e1} T_e + b_1$ ,式中, $T_{in}$ 是所述集热水箱的热水温度, $T_e$ 是所述环境温度, $K_{cop}$ 、 $K_{e1}$ 、 $b_1$ 均为常数,可根据热泵运行的历史数据通过MATLAB仿真得到; $P$ 是所述空气源热泵运行功率, $P = K_p T_{in} + K_{e2} T_e + b_2$ , $T_{in}$ 是所述集热水箱热水温度, $T_e$ 是所述环境温度, $K_p$ 、 $K_{e2}$ 、 $b_2$ 均为常数,可根据热泵运行的历史数据通过MATLAB仿真得到; $t_1$ 是所述空气源热泵开始制热的时刻; $t_2$ 是所述空气源热泵结束制热的时刻;

[0040] 所述太阳能集热器集热量,是根据太阳能辐射量、太阳能集热器面积、太阳能集热器集热效率、管路及所述集热水箱损失率,计算得出,通过 $Q_s = I A_c \eta_d (1 - \eta_l)$ 计算得到, $I$ 是平均太阳能辐射量, $A_c$ 是所述太阳能集热器的采光面积, $\eta_d$ 是所述太阳能集热器的集热效率, $\eta_l$ 是所述管路及所述集热水箱损失率;

[0041] 所述太阳能辐射量,符合基于时间 $t$ 的正态分布,其概率分布函数为 $f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ ,

根据数值分布的概率, $t$ 的取值在 $(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$ 之间的概率是0.9974,设日出时间是 $a$ ,日落时间是 $b$ ,则 $\mu - 3\sigma = a$ , $\mu + 3\sigma = b$ ,从而得出 $\mu = (a+b)/2$ , $\sigma = (b-a)/2$ ,其中 $\mu$ 反映了一天中太阳能辐射最强的时刻, $\sigma$ 反应了时间轴的取值范围,在时间区间 $[t_a, t_b]$ 内太阳能辐射量占一天总辐射量的比重是 $P\{t_a \leq t \leq t_b\} = \Phi\left(\frac{t_b - \mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{t_a - \mu}{\sigma}\right)$ ,从而可根据某段时间内太阳能集热量来预测一整天的集热量。

[0042] 步骤三,设计控制方法,通过开启和关闭所述空气源热泵,使得所述系统制热水总负荷 $Q_t$ ,空气源热泵制热量 $Q_p$ ,太阳能集热器制热量 $Q_s$ ,满足 $(Q_p + Q_s) \geq Q_t$ 。

[0043] 假设一天中系统满足用户用水需求,即 $(Q_p + Q_s) = Q_t$ ,为实现节能,需要尽可能减小 $Q_p$ 的值,假设用户用水时刻为 $t_{end}$ ,系统判断时刻为 $t_i$ ,根据 $t_i$ 时刻所述集热水箱中的水温、目标水温及所述集热水箱中水量,计算出到用户用水时刻需要的总加热量,即所述系统制热水总负荷 $Q_t$ , $t_i$ 时刻到 $t_{end}$ 时刻太阳能集热器制热量 $Q_s$ ; $t_i+1$ 时刻到 $t_{end}$ 时刻所述空气源热泵制热量 $Q_p$ ;当 $(Q_p + Q_s) < Q_t$ 时,开启所述空气源热泵,直至下次判断时刻到来再进行下一次判断,反之,不开启或关闭所述空气源热泵。从能量的角度,根据辐照度、环境温度等外界环境的变化,预测太阳能集热器及空气源热泵产生的热量,根据集热水箱中的水量、水温及用户用水要求,来计算用户用水负荷量。从判定时刻到用水时刻每隔30分钟,对 $Q_t$ 、 $Q_p$ 、 $Q_s$ 三者

关系进行一次预测并判断。通过对空气源热泵的控制,在保证用户使用需求的前提下,可以更有效的节约能源。

[0044] 当所述太阳能集热器中产生的热水满足集热循环的要求时,打开太阳能集热器中的集热循环泵,进行集热循环。当所述太阳能集热器出口温度 $T_1$ 与所述集热水箱温度 $T_2$ 的差值达到启动温差时,如 $T_1 - T_2 > 8^\circ\text{C}$ ,开启集热循环泵,当温差达到停止温差时,如 $T_1 - T_2 < 2^\circ\text{C}$ ,关闭所述集热循环泵。通过对集热循环泵的控制,可以更有效的收集能源。

[0045] 当用户供水端温度偏低时,打开回水阀及供水泵,将水并抽回到所述集热水箱中,以此对供水管进行加温循环。当回水温度 $T_3$ 达到设置的启动温度,如 $T_3 < 35^\circ\text{C}$ 时,打开回水阀门及供水泵,将对供水管进行回水加温循环,直到达到停止温度,如 $T_3 > 40^\circ\text{C}$ ,关闭所述回水阀门及所述供水泵。

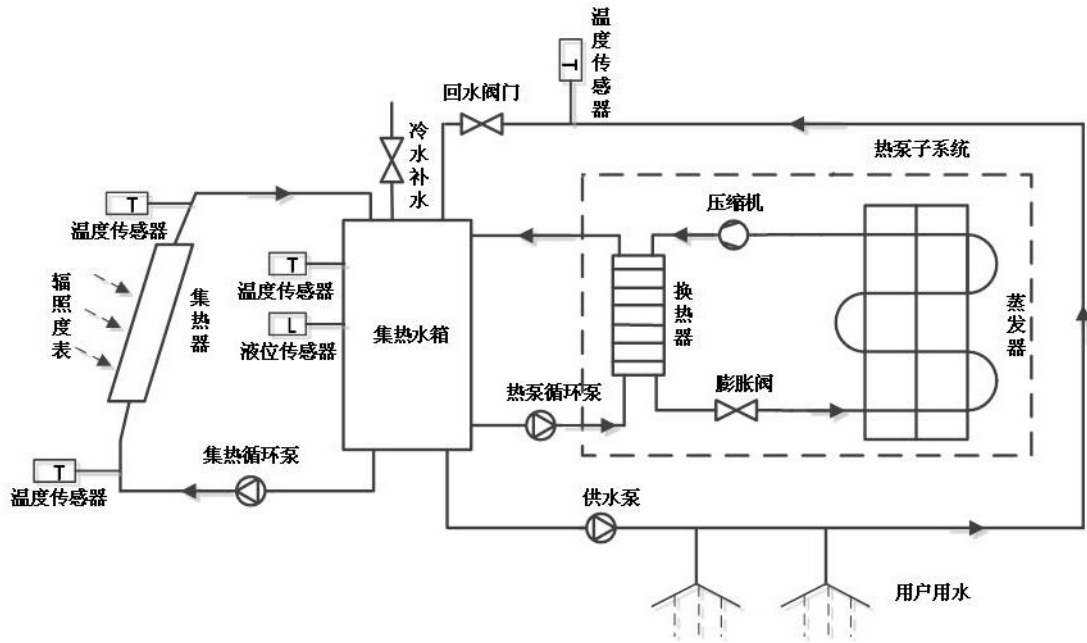


图1

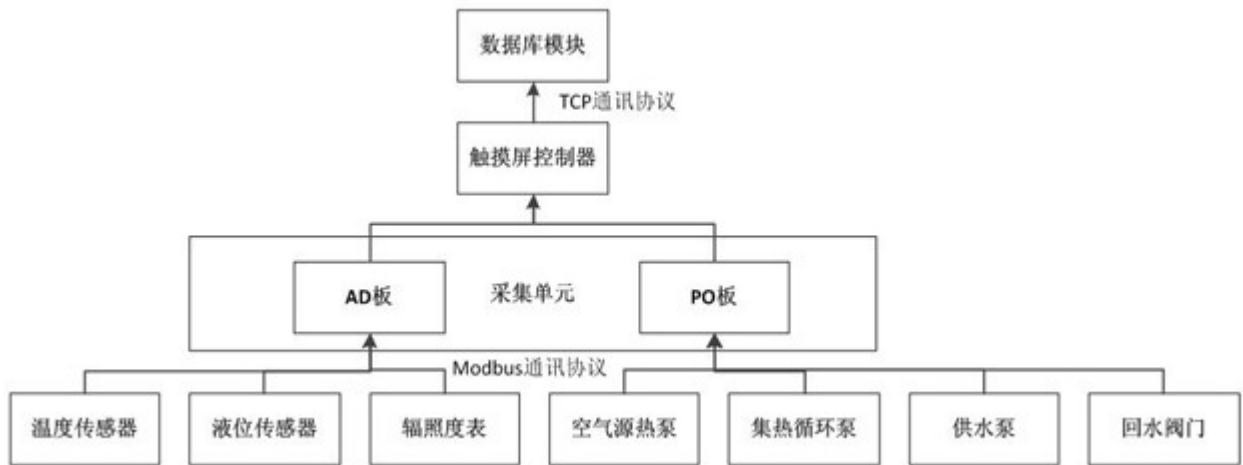


图2

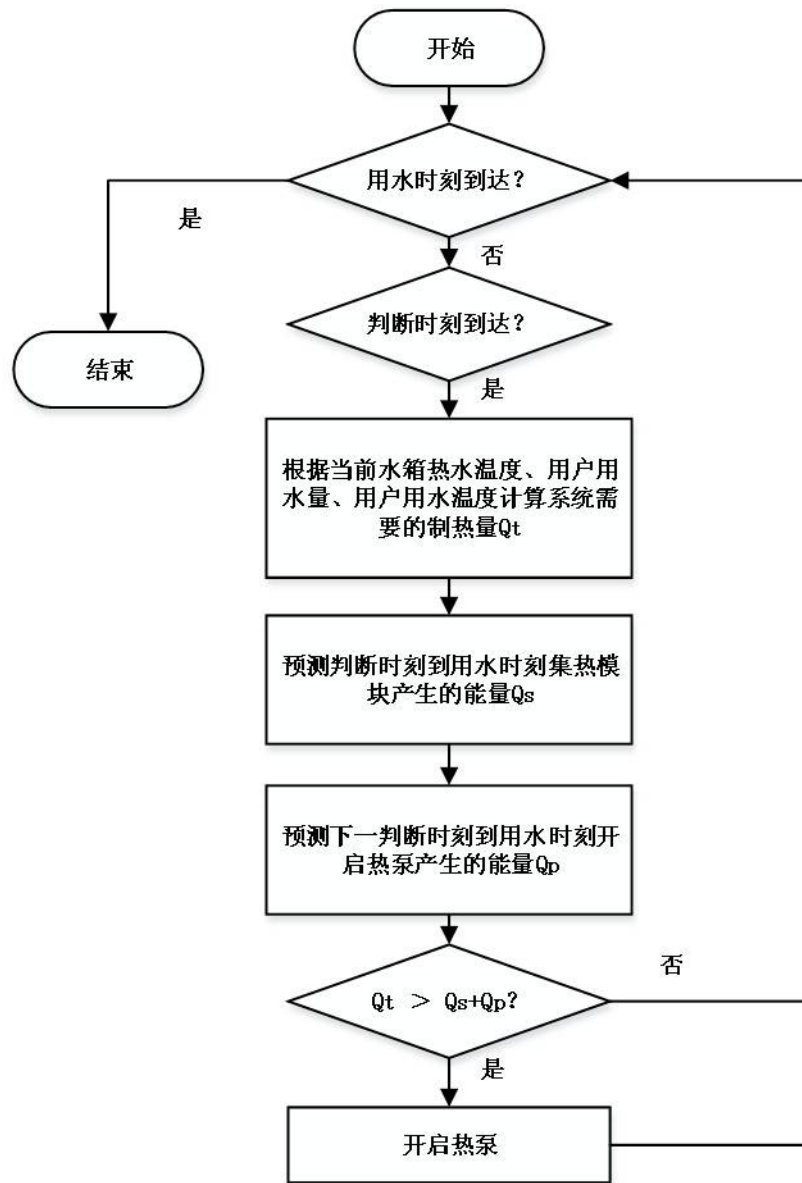


图3