



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107796040 B

(45)授权公告日 2020.04.03

(21)申请号 201710052042.3

(22)申请日 2017.01.20

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107796040 A

(43)申请公布日 2018.03.13

(73)专利权人 湖南大学  
地址 410082 湖南省长沙市岳麓区麓山南路2号

(72)发明人 周晋 徐峰 杨静波 张国强

(74)专利代理机构 长沙正奇专利事务所有限责任公司 43113

代理人 马强 王娟

(51) Int. Cl.  
F24D 17/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 103047785 A, 2013.04.17,  
CN 103134186 A, 2013.06.05,  
JP 2016223700 A, 2016.12.28,  
CN 2896145 Y, 2007.05.02,

审查员 杨裔

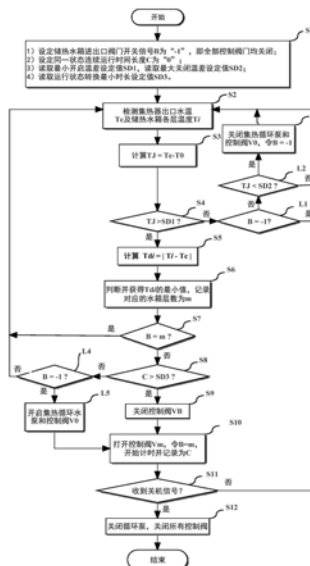
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法,根据集热器出水与储热水箱分层水体之间的温差,对集热器出水进入储热水箱的分层位置进行自动控制,达到改善储热水箱温度分层效果的作用。本发明所提出的太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法,能有效改善储热水箱的稳定分层效果,提高生活热水的供应质量和可靠性,提高系统的能源利用效率,适用于大中型太阳能热水系统。



1. 一种太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 将储热水箱分为 $n+1$ 个温度层,其中进水端位于储热水箱上部的 $n$ 层,分别记为 $1、2\cdots、i、\cdots n$ 层,出水端设置于储热水箱最底层,记作 $0$ 层;在各温度层水体内加装温度传感器,连续监测各温度层的水温,分别记为 $T_0、T_1、T_2\cdots、T_i、\cdots T_n$ ;同时监测太阳能集热器的出水温度,记作 $T_c$ ;进水端的第 $1、2\cdots、i、\cdots n$ 层分别设有阀门 $V_1\cdots、V_i、\cdots V_n$ ;出水端为第 $0$ 层设有阀门 $V_0$ ;

2) 当测得的太阳能集热器出水温度 $T_c$ 与储热水箱底层温度 $T_0$ 的差值 $T_c-T_0$ 大于最小开启温差设定值 $SD_1$ 时,将 $T_c$ 与储热水箱中 $1$ 至 $n$ 温度层的水温 $T_1$ 至 $T_n$ 分别进行比较,并判断绝对差值最小的温度层,将该绝对差值最小的温度层记为 $m$ ;

a) 如果当前开启状态入口阀门编号 $B\neq m$ ,且当同一状态连续运行时长 $C\leq$ 运行状态转变最小时长设定值 $SD_3$ 时:

①如果 $B=-1$ ,即进水端、出水端所有阀门均关闭,且集热循环水泵亦关闭时,则打开储热水箱底层出水管路阀门 $V_0$ 和进水管路阀门 $V_m$ ,打开集热循环水泵,令 $B=m$ ,开始计时并记录为 $C$ ;

②如果 $B\neq -1$ ,则维持所有阀门的当前开关状态不变;

b) 如果当前开启状态入口阀门编号 $B\neq m$ ,且当同一状态连续运行时长 $C$ 大于 $SD_3$ 时,则关闭阀门 $V_B$ ,打开阀门 $V_m$ ,令 $B=m$ ,开始计时并记录为 $C$ ;

c) 如果当前开启状态入口阀门编号 $B=m$ 时,维持所有阀门的当前开关状态不变;

3) 当测得的太阳能集热器出水温度 $T_c$ 与储热水箱底层温度 $T_0$ 的差值 $T_c-T_0$ 不大于最小开启温差设定值 $SD_1$ 时:

a) 如果当前开启状态入口阀门编号 $B\neq -1$ 时,判断测得的太阳能集热器出水温度 $T_c$ 与储热水箱底层温度 $T_0$ 的差值 $T_c-T_0$ 是否小于最大关闭温差设定值 $SD_2$ ,若小于,则关闭所有阀门 $V_0$ 至 $V_n$ ,关闭集热循环水泵,且令 $B=-1$ ;

b) 如果当前开启状态入口阀门编号 $B=-1$ 时,则继续保持所有阀门 $V_0$ 至 $V_n$ 的关闭状态不变,继续保持集热循环水泵的关闭;

4) 当测得的太阳能集热器出水温度 $T_c$ 与储热水箱底层温度 $T_0$ 的差值 $T_c-T_0$ 介于最大关闭温差 $SD_2$ 和最小开启温差 $SD_1$ 之间时,维持集热系统阀门的开关状态不变,并返回步骤1);温差设定值 $SD_1$ 的范围为 $4.0\sim 10.0^\circ\text{C}$ , $SD_2$ 的范围为 $1.0\sim 5.0^\circ\text{C}$ ,且 $SD_1$ 大于 $SD_2$ , $SD_1$ 与 $SD_2$ 的差值大于 $1.0^\circ\text{C}$ 。

2. 根据权利要求1所述的太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法,其特征在于,所述储热水箱容积 $\geq 600\text{L}$ 。

3. 根据权利要求1所述的太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法,其特征在于,所述储热水箱为圆柱形,所述圆柱形的高度与直径的比值范围为 $3.0\sim 4.0$ 。

4. 根据权利要求3所述的太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法,其特征在于,所述储热水箱的温度层数 $N$ 的范围为 $4\sim 10$ 层,每个温度层的高度范围为 $0.1\sim 0.4\text{m}$ 。

5. 根据权利要求1所述的太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法,其特征在于,设定值 $SD_3$ 的范围为 $30\sim 120$ 秒。

6. 根据权利要求1~5之一所述的太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法,其特征在于,所述温度传感器的测温范围为 $-20^\circ\text{C}\sim 100^\circ\text{C}$ ,测温精度为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

## 太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能热水系统控制领域,特别是一种太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法。

### 背景技术

[0002] 太阳能热水系统是目前技术较为成熟和有效利用太阳能的方式之一。储热水箱作为太阳能热水系统的重要储热设备,能有效解决太阳能自身间歇性和不可靠性,提高太阳能的利用率。由于水的密度与温度成反比,水箱中低温热水密度大而聚在水箱的底部,高温热水密度小则浮升到水箱的顶部,从而实现了不同温度的水在水箱中的垂直分层现象。

[0003] 在太阳能系统运行时,集热器产生的热水会以一定的流量进入储热水箱中。由于进入的热水与入口处的热水在混合时有一定的温差,不仅会在入水口产生明显的扰动,而且温差引起的对流现象也会使得温度分层发生紊乱,从而增大斜温层的厚度,严重影响水箱中的温度分层现象。此外,因储热水箱顶层温度处于较低水平,将影响到系统热水供应的质量和可靠性,从而影响了热水系统的整体性能。

[0004] 水箱分层效果的好坏能直接影响整个太阳能热水系统的运行效果,储热性能良好的水箱不仅能满足用户热负荷的需求,减少辅助加热量,还能降低集热器的进口水温,提高太阳能的利用效率。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是,针对现有技术不足,提供一种太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明所采用的技术方案是:一种太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法,包括以下步骤:

[0007] 1) 将储热水箱分为 $n+1$ 个温度层,其中进水端位于储热水箱上部的 $n$ 层,分别记为 $1、2\cdots、i、\cdots n$ 层,出水端设置于储热水箱最底层,记作 $0$ 层;在各温度层水体内部加装温度传感器,连续监测各温度层的水温,分别记为 $T_0、T_1、T_2\cdots、T_i、\cdots T_n$ ;同时监测太阳能集热器的出水温度,记作 $T_c$ ;进水端的第 $1、2\cdots、i、\cdots n$ 层分别设有阀门 $V_1\cdots、V_i、\cdots V_n$ ;出水端为第 $0$ 层设有阀门 $V_0$ ;

[0008] 2) 当测得的太阳能集热器出水温度 $T_c$ 与储热水箱底层温度 $T_0$ 的差值 $T_c-T_0$ 大于最小开启温差设定值 $SD_1$ 时,将 $T_c$ 与储热水箱中 $1$ 至 $n$ 温度层的水温 $T_1$ 至 $T_n$ 分别进行比较,并判断绝对差值最小的温度层,将该绝对差值最小的温度层记为 $m$ ;

[0009] a) 如果当前开启状态入口阀门编号 $B \neq m$ ,且当同一状态连续运行时长 $C \leq$ 运行状态转变最小时长设定值 $SD_3$ 时:

[0010] ①如果 $B = -1$ ,即进水端、出水端所有阀门均关闭,且集热循环水泵亦关闭时,则打开储热水箱底层出水管路阀门 $V_0$ 和进水管路阀门 $V_m$ ,打开集热循环水泵,令 $B = m$ ,开始计时并记录为 $C$ ;

[0011] ②如果 $B \neq -1$ ,则维持所有阀门的当前开关状态不变;

[0012] b) 如果当前开启状态入口阀门编号 $B \neq m$ ,且当同一状态连续运行时长 $C$ 大于 $SD3$ 时,则关闭阀门 $V_B$ ,打开阀门 $V_m$ ,令 $B=m$ ,开始计时并记录为 $C$ ;

[0013] c) 如果当前开启状态入口阀门编号 $B=m$ 时,维持所有阀门的当前开关状态不变;

[0014] 3) 当测得的太阳能集热器出水温度 $T_c$ 与储热水箱底层温度 $T_0$ 的差值 $T_c-T_0$ 不大于最小开启温差设定值 $SD1$ 时:

[0015] a) 如果当前开启状态入口阀门编号 $B \neq -1$ 时,判断测得的太阳能集热器出水温度 $T_c$ 与储热水箱底层温度 $T_0$ 的差值 $T_c-T_0$ 是否小于最大关闭温差设定值 $SD2$ ,若小于,则关闭所有阀门 $V_0$ 至 $V_n$ ,关闭集热循环水泵,且令 $B=-1$ ;

[0016] b) 如果当前开启状态入口阀门编号 $B=-1$ 时,则继续保持所有阀门 $V_0$ 至 $V_n$ 的关闭状态不变,继续保持集热循环水泵的关闭;

[0017] 4) 当测得的太阳能集热器出水温度 $T_c$ 与储热水箱底层温度 $T_0$ 的差值 $T_c-T_0$ 介于最大关闭温差 $SD2$ 和最小开启温差 $SD1$ 之间时,维持集热系统阀门的开关状态不变,并返回步骤1);温差设定值 $SD1$ 的范围为 $4.0 \sim 10.0^\circ\text{C}$ , $SD2$ 的范围为 $1.0 \sim 5.0^\circ\text{C}$ ,且 $SD1$ 大于 $SD2$ , $SD1$ 与 $SD2$ 的差值大于 $1.0^\circ\text{C}$ 。

[0018] 本发明中,所述储热水箱容积 $\geq 600\text{L}$ ;所述储热水箱为圆柱形,所述圆柱形的高度与直径的比值范围为 $3.0 \sim 4.0$ ;所述储热水箱的温度层数 $N$ 的范围为 $4 \sim 10$ 层,每个温度层的高度范围为 $0.1 \sim 0.4\text{m}$ ;设定值 $SD3$ 的范围为 $30 \sim 120$ 秒;所述温度传感器的测温范围为 $-20^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ ,测温精度为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

[0019] 与现有技术相比,本发明所具有的有益效果为:本发明通过对比储热水箱各层水温与集热器出口水温,判断出与集热器出水温差最小的水箱温度层,开启相应储热水箱该层入水口位置的自动控制阀并关断之前的阀门,将集热器出水导入到与之温差最小的储热水箱温度分层水体中,从而减小对水箱温度分层的影响,提高系统效率和热水供应的可靠性;维持储热水箱中的热水处于较为稳定的分层状态,降低因冷热水混合而带来的效率降低问题;良好的温度分层可以减小水箱顶层温度达到预定要求的时间,提高系统供水的质量及可靠性;广泛适用于各种太阳能热水分层储热水箱,甚至可以衍生到非太阳能热源的储热水箱中,例如以热泵作为热源的储热水箱。

## 附图说明

[0020] 图1是本发明中太阳能热水系统储热水箱分层进水控制方法原理图,其中:

[0021] 1-1——太阳能集热器

1-2——控制模块

[0022] 1-3——太阳能循环泵

1-4——自动控制阀

[0023] 1-5——储热水箱

1-6——温度传感器(集热器出口)

[0024] 1-7——温度传感器(储热水箱各层)

$V_0$ ——水箱底层出水管路控制阀门

[0025]  $V_1 \cdots, V_i, \cdots, V_n$ ——水箱各分层温度进水管路阀门

[0026] 图2是本发明的控制方法流程图。

## 具体实施方式

[0027] 图1为集热器出水按温度分层进入水箱的技术原理图,集热侧循环泵和储热水箱

出水口的自动控制阀与控制模块1-2连接,储热水箱进水口的自动控制阀与控制模块1-2连接。此外,储热器出口处安装温度传感器1-6,储热水箱每个分层内安装有温度传感器1-7,所有的温度传感器均通过信号线与控制模块1-2连接。

[0028] 参照图2,本发明的控制方法流程图,具体操作如下:

[0029] (1) 控制模块1-2中预先设定储热水箱的开启状态入口阀门编号B为“-1”(即进出口阀门全部关闭,集热循环泵关闭),集热循环水泵连续开启时间长度C为“0”,读取最小开启温差设定值SD1,读取最大关闭温差设定值SD2,读取运行状态转变最小时长设定值SD3。(步骤S1)

[0030] (2) 集热器出口温度传感器1-6不断将温度信号 $T_c$ 传送至控制模块1-2,储热水箱各分层温度传感器1-7不断将各层水温 $T_i$ (各层依次为 $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ …… $T_n$ )传送至控制模块1-2。(步骤S2)

[0031] (3) 计算 $T_c$ 与 $T_0$ 差值,记作 $T_J$ 。(步骤S3)

[0032] (4) 判断 $T_J$ 与SD1的大小关系。(步骤S4)

[0033] (5) 若 $T_J$ 小于SD1,判断B是否等于“-1”(步骤L1)。

[0034] 若B不等于“-1”,则判断 $T_J$ 与SD2的大小关系(步骤L2),如 $T_J$ 小于SD2,则关闭集热侧循环泵1-3和所有控制阀 $V_0$ 至 $V_n$ (步骤L3),令 $B=-1$ ,返回步骤S2,如 $T_J$ 大于SD2,直接返回步骤S2。

[0035] (6) 若 $T_J$ 大于等于SD1,依次计算储热水箱集热侧入水口对应的各层温度 $T_i$ ( $T_1$ 至 $T_n$ )与集热器出口水温 $T_c$ 的绝对差值,记为 $T_{di}$ 。(步骤S5)

[0036] (7) 比较并获取 $T_{di}$ 的最小值,将对应的储热水箱层数记为 $m$ 。(步骤S6)

[0037] (8) 判断B是否与 $m$ 相等。(步骤S7)

[0038] (9) 若B等于 $m$ ,则直接返回步骤S2。

[0039] (10) 若B不等于 $m$ ,则判断C与SD3的大小。(步骤S8)

[0040] (11) 若C大于SD3,则关闭控制阀 $V_B$ ,继续进入步骤S10。(步骤S9)

[0041] (12) 打开控制阀 $V_m$ ,设定B等于 $m$ ,开始计时并记录为C。(步骤S10)

[0042] (12) 若C小于等于SD3,则判断B是否等于“-1”。(步骤L4)

[0043] 若B等于“-1”,则开启集热循环水泵1-3和控制阀 $V_0$ (步骤L4),之后执行步骤S10;若B不等于“-1”,则直接返回步骤S2。

[0044] (13) 判断系统是否收到关机信号。(步骤S11)

[0045] (14) 若收到关机信号,则关闭循环泵和所有控制阀,结束循环。(步骤S12)

[0046] (15) 若没有收到关机信号,则直接返回步骤S2。

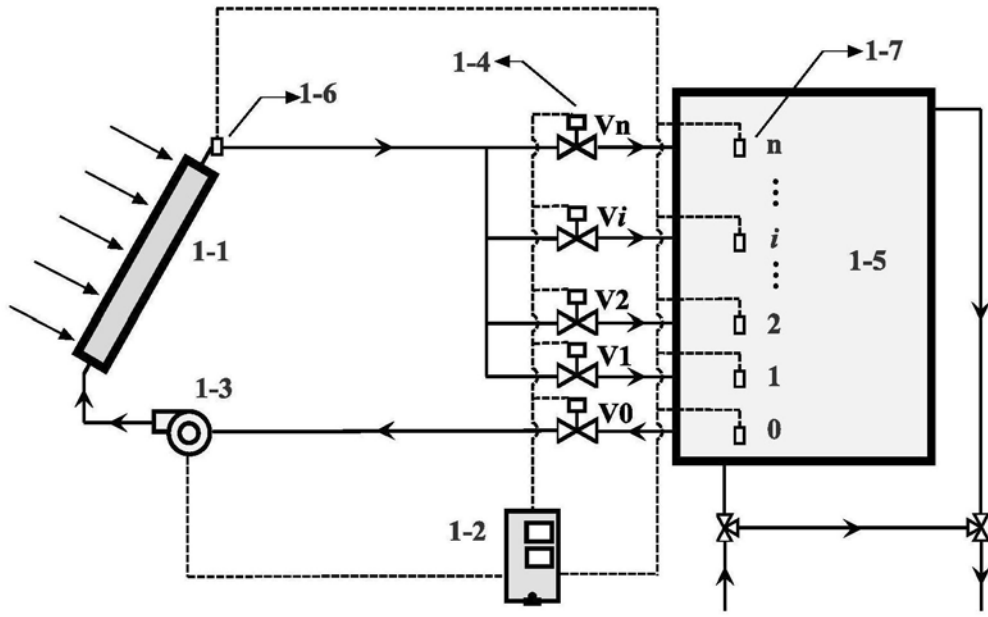


图1

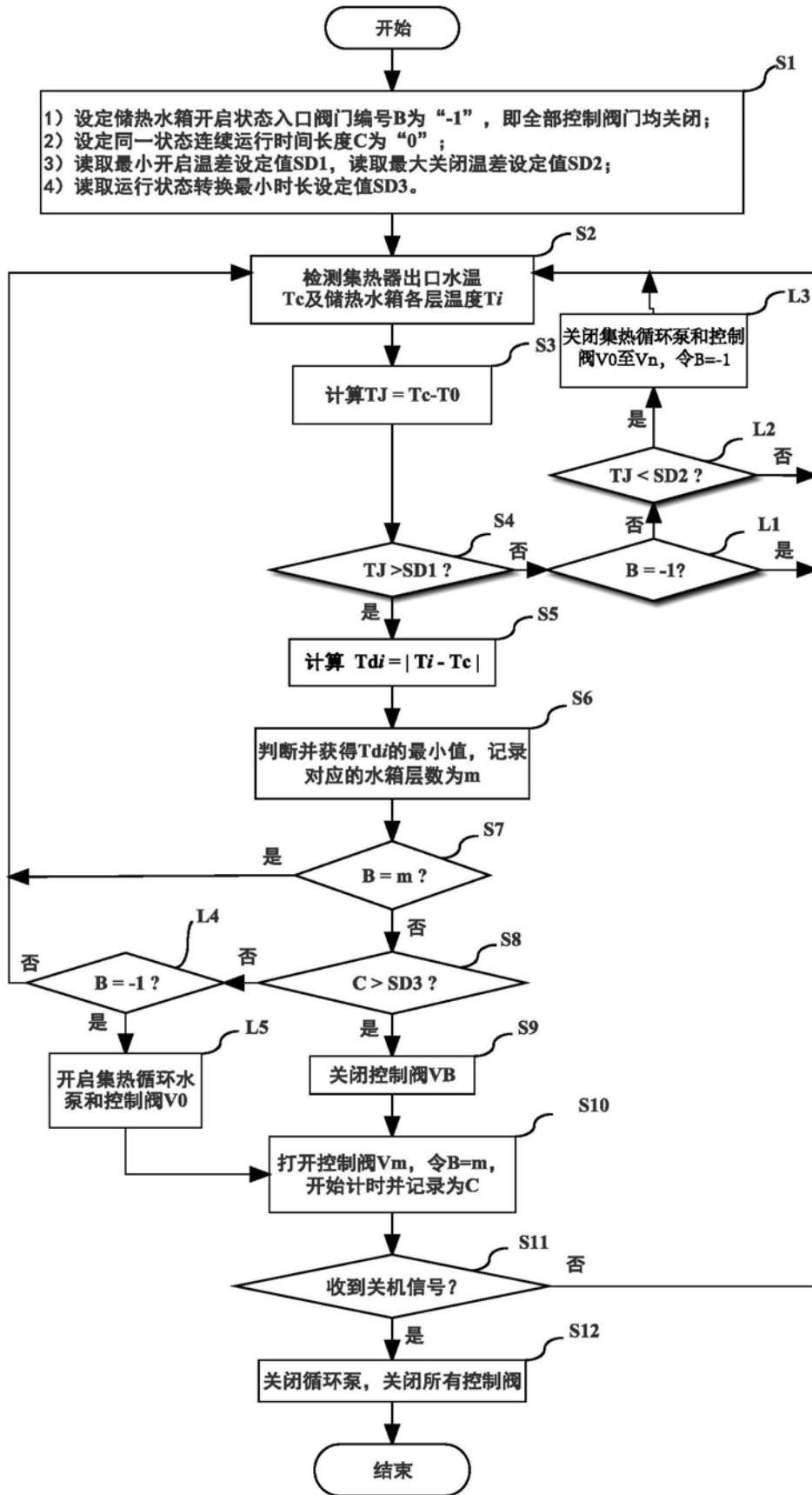


图2