



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204593566 U

(45) 授权公告日 2015. 08. 26

(21) 申请号 201520287681. 4

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2015. 05. 06

(73) 专利权人 四川省建筑科学研究院

地址 610000 四川省成都市金牛区一环路北三段 55 号

(72) 发明人 袁磊 徐龙 黎力

(74) 专利代理机构 成都金英专利代理事务所 (普通合伙) 51218

代理人 袁英

(51) Int. Cl.

F24D 15/00(2006. 01)

F24D 15/04(2006. 01)

F24D 19/00(2006. 01)

F24D 19/10(2006. 01)

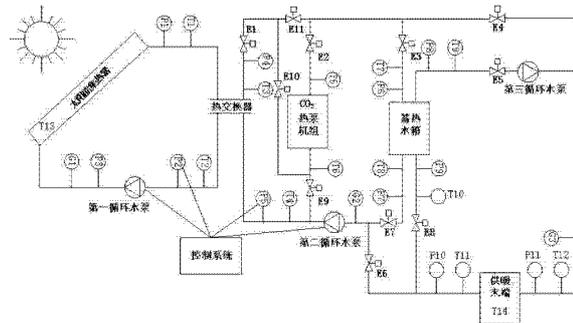
权利要求书2页 说明书8页 附图8页

(54) 实用新型名称

主动式太阳能和 CO<sub>2</sub> 空气热源泵联合采暖控制系统

(57) 摘要

本实用新型公开了一种主动式太阳能和 CO<sub>2</sub> 空气热源泵联合采暖控制系统, 该控制系统包括多个温度计、压力表、流量计和阀门, 上位控制系统能够根据温度计、压力表、流量计采集的数据来根据控制方法控制阀门的开闭, 实时的根据外界和系统本身参数的变化, 监测控制变量, 从而正确切换运行模式、故障报警等, 使系统能够安全运行, 对涉及太阳能集热系统运行的控制参数准确判断, 使太阳能尽可能承担较多的供暖负荷, 达到节能目的, 采用浮球阀对水位进行控制, 设定水位, 当实际水位低于设定水位时, 对蓄热水箱进行补水, 当蓄热水箱过热时, 不允许集热系统热量再进入蓄热水箱。



1. 主动式太阳能和 CO<sub>2</sub>空气热源泵联合采暖控制系统,其特征在于:它包括太阳能集热器、热交换器、蓄热水箱、CO<sub>2</sub>空气热源泵系统、末端供暖系统、循环系统和控制系统,所述的循环系统包括流水管道、多个循环水泵、阀门、流量计、温度计和压力表,多个循环水泵、阀门、流量计、温度计和压力表分别与控制系统连接,所述的太阳能集热器通过流水管道与热交换器连接,热交换器分别通过流水管道与 CO<sub>2</sub>空气源热泵系统和蓄热水箱连接,CO<sub>2</sub>空气源热泵系统通过流水管道与蓄热水箱连接,末端供暖系统分别通过流水管道与蓄热水箱、CO<sub>2</sub>空气热源泵系统和热交换器连接。

2. 根据权利要求 1 所述的主动式太阳能和 CO<sub>2</sub>空气热源泵联合采暖控制系统,其特征在于:所述的太阳能集热器内设置有温度计 T13,检测太阳能集热器盖板内壁温度,太阳能集热器与热交换器间的回水管道上设置有第一循环泵,第一循环泵与热交换器之间管道上设置有压力表 P2 和温度计 T2,分别检测管道工质压力和太阳能集热器的回水温度,第一循环泵与太阳能集热器之间设置有流量计 G1 和压力表 P3,分别检测集热系统流量值和管道工质压力;太阳能集热器与热交换器间的供水管道上设置有压力表 P1 和温度计 T1,分别检测管道工质压力和集热器出水温度;所述的温度计、压力表、流量计均将采集到的数据传回控制系统。

3. 根据权利要求 1 所述的主动式太阳能和 CO<sub>2</sub>空气热源泵联合采暖控制系统,其特征在于:所述的热交换器与末端供暖系统间的供水管道上,沿水流方向依次设置有阀门 E1、阀门 E11 和阀门 E4,热交换器供暖出口处设置有温度计 T3,检测热交换器供暖出口温度,热交换器与阀门 E1 间的管道上设置有压力表 P4,检测管道工质压力,阀门 E4 与末端供暖系统间的管道上设置有流量计 G3 和压力表 P11,分别检测管道流量和管道工质压力,末端供暖系统供水口设置有温度计 T12,检测末端供热系统供水温;供暖末端房间内设置有温度计 T14,检测供暖后的房间温度;所述的热交换器与末端供暖系统间的回水管道上,沿水流方向依次设置有阀门 E6 和第二循环水泵,末端供暖系统的回水口设置有温度计 T11,检测末端供暖系统回水温度,末端供暖系统与阀门 E6 间的管道上设置有压力表 P10,检测管道工质压力,阀门 E6 与第二循环水泵之间的管道上设置有流量计 G2,检测管道流量,第二循环水泵与热交换器间的管道上设置有压力表 P5,检测管道工质压力,热交换器供暖回水口设置有温度计 T4,检测热交换器供暖回水温度;所述的温度计、压力表、流量计均将采集到的数据传回控制系统,阀门与控制系统连接。

4. 根据权利要求 1 所述的主动式太阳能和 CO<sub>2</sub>空气热源泵联合采暖控制系统,其特征在于:所述的 CO<sub>2</sub>空气热源泵通过阀门 E2 后,在阀门 E11 与 E4 间接入供水管道,CO<sub>2</sub>空气热源泵出口处设置有温度计 T5,检测 CO<sub>2</sub>空气热源泵出口温度,CO<sub>2</sub>空气热源泵通过阀门 E9 后在第二循环水泵和热交换器之间接入回水管道,CO<sub>2</sub>空气热源泵入口处设置有温度计 T6,检测 CO<sub>2</sub>空气热源泵入口温度,CO<sub>2</sub>空气热源泵入口管道还通过管道与阀门 E10 连接到阀门 E1 与阀门 E11 之间;所述的温度计、压力表、流量计均将采集到的数据传回控制系统,阀门与控制系统连接。

5. 根据权利要求 1 所述的主动式太阳能和 CO<sub>2</sub>空气热源泵联合采暖控制系统,其特征在于:所述的蓄热水箱的蓄热侧入口通过阀门 E3 接入供热管道上阀门 E11 与阀门 E4 之间,阀门 E3 与蓄热水箱间的管道上设置有压力表 P6,检测管道工质压力,蓄热水箱的蓄热侧入口上设置有温度计 T7,检测蓄热水箱蓄热侧入口温度,蓄热水箱的蓄热侧出口通过阀门 E7

接入供热管道上阀门 E6 与第二循环水泵之间, 阀门 E7 与蓄热水箱间的管道上设置有压力表 P7, 检测管道工质压力, 蓄热水箱的蓄热侧出口上设置有温度计 T8, 检测蓄热水箱蓄热侧出口温度; 蓄热水箱的供热侧出口通过阀门 E5 和第三循环水泵接入供热管道上阀门 E4 与末端供暖系统之间, 阀门 E5 与蓄热水箱间的管道上设置有压力表 P8, 检测管道工质压力, 蓄热水箱的供热侧出口上设置有温度计 T9, 检测蓄热水箱供热侧出口温度, 蓄热水箱的供热侧入口通过阀门 E8 接入供热管道上阀门 E6 与末端供暖系统之间, 阀门 E8 与蓄热水箱间的管道上设置有压力表 P9, 检测管道工质压力, 蓄热水箱的供热侧入口上设置有温度计 T10, 检测蓄热水箱供热侧入口温度; 所述的温度计、压力表、流量计均将采集到的数据传回控制系统, 阀门与控制系统连接。

## 主动式太阳能和 CO<sub>2</sub> 空气热源泵联合采暖控制系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种主动式太阳能和 CO<sub>2</sub> 空气热源泵联合采暖控制系统。

### 背景技术

[0002] 在太阳能和 CO<sub>2</sub> 空气源热泵联合采暖系统运行中, 室外气象参数 ( 太阳辐射、室外温度等 ) 是不可控参数, 为了使系统能够在不同天气状况下尽可能达到控制目标所述要求, 因此一套完整的控制系统和控制策略必不可少。

[0003] 依据太阳辐射量的大小, 可以将太阳能和 CO<sub>2</sub> 空气源热泵联合采暖系统控制策略分为 4 类。

[0004] 1) 日间当太阳辐射较强时, 属于晴天工况。因此控制策略为在较低太阳辐射阶段 ( 清晨或傍晚 ), 利用太阳能和 CO<sub>2</sub> 空气源热泵联合向末端供热; 在较高辐射阶段, 集热器出水温度逐渐升高, 可以单独向末端供热, 此时利用太阳能单独向末端供热; 当集热器出水温度继续升高, 集热器传递至板式换热器的热量有所剩余, 此时一方面可以传递至末端, 另外多余部分通过蓄热水箱储存起来, 当夜间无日照时可以向末端继续供热。

[0005] 2) 日间太阳辐射较差, 多云天气, 太阳提供的热量较少, 属于多云工况。本系统在此工况下, 集热器传递至板式换热器的热量不能够达到直接向末端供暖的要求, 此时应配合 CO<sub>2</sub> 空气源热泵采用联合供热方式;

[0006] 3) 连续阴天天气或者降雪天时, 没有太阳能资源可供利用, 属于阴天工况。此时 CO<sub>2</sub> 空气源热泵系统单独供热;

[0007] 4) 日间天气变化复杂, 晴天、多云天和阴天在一天内都会出现, 在此工况下, 综合以上三种工况下的控制策略即可。。

### 实用新型内容

[0008] 本实用新型的目的在于克服现有技术的不足, 提供一种主动式太阳能和 CO<sub>2</sub> 空气热源泵联合采暖控制系统, 该控制系统包括多个温度计、压力表、流量计和阀门, 上位控制系统能够根据温度计、压力表、流量计采集的数据来根据控制方法控制阀门的开闭, 实时的根据外界和系统本身参数的变化, 监测控制变量, 从而正确切换运行模式、故障报警等, 使系统能够安全运行, 对涉及太阳能集热系统运行的控制参数准确判断, 使太阳能尽可能承担较多的供暖负荷, 达到节能目的, 采用浮球阀对水位进行控制, 设定水位  $H_{set}$ , 当实际水位低于设定水位时, 对蓄热水箱进行补水, 当蓄热水箱过热时, 不允许集热系统热量再进入蓄热水箱。

[0009] 本实用新型的目的在于通过以下技术方案来实现的: 主动式太阳能和 CO<sub>2</sub> 空气热源泵联合采暖控制系统, 它包括太阳能集热器、热交换器、蓄热水箱、CO<sub>2</sub> 空气热源泵系统、末端供暖系统、循环系统和控制系统, 所述的循环系统包括流水管道、多个循环水泵、阀门、流量计、温度计和压力表, 多个循环水泵、阀门、流量计、温度计和压力表分别与控制系统连接, 所述的太阳能集热器通过流水管道与热交换器连接, 热交换器分别通过流水管道与 CO<sub>2</sub>

空气源热泵系统和蓄热水箱连接, CO<sub>2</sub>空气源热泵系统通过流水管道与蓄热水箱连接, 末端供暖系统分别通过流水管道与蓄热水箱、CO<sub>2</sub>空气热源泵系统和热交换器连接。

[0010] 所述的太阳能集热器内设置有温度计 T13, 检测太阳能集热器盖板内壁温度, 太阳能集热器与热交换器间的回水管道上设置有第一循环泵, 第一循环泵与热交换器之间管道上设置有压力表 P2 和温度计 T2, 分别检测管道工质压力和太阳能集热器的回水温度, 第一循环泵与太阳能集热器之间设置有流量计 G1 和压力表 P3, 分别检测集热系统流量值和管道工质压力; 太阳能集热器与热交换器间的供水管道上设置有压力表 P1 和温度计 T1, 分别检测管道工质压力和集热器出水温度; 所述的温度计、压力表、流量计均将采集到的数据传回控制系统。

[0011] 所述的热交换器与末端供暖系统间的供水管道上, 沿水流方向依次设置有阀门 E1、阀门 E11 和阀门 E4, 热交换器供暖出口处设置有温度计 T3, 检测热交换器供暖出口温度, 热交换器与阀门 E1 间的管道上设置有压力表 P4, 检测管道工质压力, 阀门 E4 与末端供暖系统间的管道上设置有流量计 G3 和压力表 P11, 分别检测管道流量和管道工质压力, 末端供暖系统供水口设置有温度计 T12, 检测末端供热系统供水温; 供暖末端房间内设置有温度计 T14, 检测供暖后的房间温度; 所述的热交换器与末端供暖系统间的回水管道上, 沿水流方向依次设置有阀门 E6 和第二循环水泵, 末端供暖系统的回水口设置有温度计 T11, 检测末端供暖系统回水温度, 末端供暖系统与阀门 E6 间的管道上设置有压力表 P10, 检测管道工质压力, 阀门 E6 与第二循环水泵之间的管道上设置有流量计 G2, 检测管道流量, 第二循环水泵与热交换器间的管道上设置有压力表 P5, 检测管道工质压力, 热交换器供暖回水口设置有温度计 T4, 检测热交换器供暖回水温度; 所述的温度计、压力表、流量计均将采集到的数据传回控制系统, 阀门与控制系统连接。

[0012] 所述的 CO<sub>2</sub>空气热源泵通过阀门 E2 后, 在阀门 E11 与 E4 间接入供水管道, CO<sub>2</sub>空气热源泵出口处设置有温度计 T5, 检测 CO<sub>2</sub>空气热源泵出口温度, CO<sub>2</sub>空气热源泵通过阀门 E9 后在第二循环水泵和热交换器之间接入回水管道, CO<sub>2</sub>空气热源泵入口处设置有温度计 T6, 检测 CO<sub>2</sub>空气热源泵入口温度, CO<sub>2</sub>空气热源泵入口管道还通过管道与阀门 E10 连接到阀门 E1 与阀门 E11 之间; 所述的温度计、压力表、流量计均将采集到的数据传回控制系统, 阀门与控制系统连接。

[0013] 所述的蓄热水箱的蓄热侧入口通过阀门 E3 接入供热管道上阀门 E11 与阀门 E4 之间, 阀门 E3 与蓄热水箱间的管道上设置有压力表 P6, 检测管道工质压力, 蓄热水箱的蓄热侧入口上设置有温度计 T7, 检测蓄热水箱蓄热侧入口温度, 蓄热水箱的蓄热侧出口通过阀门 E7 接入供热管道上阀门 E6 与第二循环水泵之间, 阀门 E7 与蓄热水箱间的管道上设置有压力表 P7, 检测管道工质压力, 蓄热水箱的蓄热侧出口上设置有温度计 T8, 检测蓄热水箱蓄热侧出口温度; 蓄热水箱的供热侧出口通过阀门 E5 和第三循环水泵接入供热管道上阀门 E4 与末端供暖系统之间, 阀门 E5 与蓄热水箱间的管道上设置有压力表 P8, 检测管道工质压力, 蓄热水箱的供热侧出口上设置有温度计 T9, 检测蓄热水箱供热侧出口温度, 蓄热水箱的供热侧入口通过阀门 E8 接入供热管道上阀门 E6 与末端供暖系统之间, 阀门 E8 与蓄热水箱间的管道上设置有压力表 P9, 检测管道工质压力, 蓄热水箱的供热侧入口上设置有温度计 T10, 检测蓄热水箱供热侧入口温度; 所述的温度计、压力表、流量计均将采集到的数据传回控制系统, 阀门与控制系统连接。

[0014] 本实用新型的有益效果是：本实用新型提供了一种主动式太阳能和 CO<sub>2</sub>空气热源泵联合采暖控制系统，该控制系统包括多个温度计、压力表、流量计和阀门，上位控制系统能够根据温度计、压力表、流量计采集的数据来根据控制方法控制阀门的开闭，实时的根据外界和系统本身参数的变化，监测控制变量，从而正确切换运行模式、故障报警等，使系统能够安全运行，对涉及太阳能集热系统运行的控制参数准确判断，使太阳能尽可能承担较多的供暖负荷，达到节能目的，采用浮球阀对水位进行控制，设定水位  $H_{set}$ ，当实际水位低于设定水位时，对蓄热水箱进行补水，当蓄热水箱过热时，不允许集热系统热量再进入蓄热水箱。

### 附图说明

- [0015] 图 1 为采暖控制系统的结构图；
- [0016] 图 2 为太阳能单独供热模式示意图；
- [0017] 图 3 为太阳能供热与蓄热模式示意图；
- [0018] 图 4 为太阳能蓄热模式示意图；
- [0019] 图 5 为蓄热装置单独供热模式示意图；
- [0020] 图 6 为 CO<sub>2</sub>空气热源泵单独供热模式示意图；
- [0021] 图 7 为 CO<sub>2</sub>空气热源泵供热与蓄热模式示意图；
- [0022] 图 8 为太阳能与 CO<sub>2</sub>空气热源泵联合供热模式示意图。

### 具体实施方式

[0023] 下面结合附图进一步详细描述本实用新型的技术方案，但本实用新型的保护范围不局限于以下所述。

[0024] 如图 1 所示，主动式太阳能和 CO<sub>2</sub>空气热源泵联合采暖控制系统，它包括太阳能集热器、热交换器、蓄热水箱、CO<sub>2</sub>空气热源泵系统、末端供暖系统、循环系统和控制系统，所述的循环系统包括流水管道、多个循环水泵、阀门、流量计、温度计和压力表，多个循环水泵、阀门、流量计、温度计和压力表分别与控制系统连接，所述的太阳能集热器通过流水管道与热交换器连接，热交换器分别通过流水管道与 CO<sub>2</sub>空气源热泵系统和蓄热水箱连接，CO<sub>2</sub>空气源热泵系统通过流水管道与蓄热水箱连接，末端供暖系统分别通过流水管道与蓄热水箱、CO<sub>2</sub>空气热源泵系统和热交换器连接。

[0025] 所述的太阳能集热器内设置有温度计 T13，检测太阳能集热器盖板内壁温度，太阳能集热器与热交换器间的回水管道上设置有第一循环泵，第一循环泵与热交换器之间管道上设置有压力表 P2 和温度计 T2，分别检测管道工质压力和太阳能集热器的回水温度，第一循环泵与太阳能集热器之间设置有流量计 G1 和压力表 P3，分别检测集热系统流量值和管道工质压力；太阳能集热器与热交换器间的供水管道上设置有压力表 P1 和温度计 T1，分别检测管道工质压力和集热器出水温度；所述的温度计、压力表、流量计均将采集到的数据传回控制系统。

[0026] 所述的热交换器与末端供暖系统间的供水管道上，沿水流方向依次设置有阀门 E1、阀门 E11 和阀门 E4，热交换器供暖出口处设置有温度计 T3，检测热交换器供暖出口温度，热交换器与阀门 E1 间的管道上设置有压力表 P4，检测管道工质压力，阀门 E4 与末端供

暖系统间的管道上设置有流量计 G3 和压力表 P11, 分别检测管道流量和管道工质压力, 末端供暖系统供水口设置有温度计 T12, 检测末端供热系统供水温; 供暖末端房间内设置有温度计 T14, 检测供暖后的房间温度; 所述的热交换器与末端供暖系统间的回水管道上, 沿水流方向依次设置有阀门 E6 和第二循环水泵, 末端供暖系统的回水口设置有温度计 T11, 检测末端供暖系统回水温度, 末端供暖系统与阀门 E6 间的管道上设置有压力表 P10, 检测管道工质压力, 阀门 E6 与第二循环水泵之间的管道上设置有流量计 G2, 检测管道流量, 第二循环水泵与热交换器间的管道上设置有压力表 P5, 检测管道工质压力, 热交换器供暖回水口设置有温度计 T4, 检测热交换器供暖回水温度; 所述的温度计、压力表、流量计均将采集到的数据传回控制系统, 阀门与控制系统连接。

[0027] 所述的 CO<sub>2</sub>空气热源泵通过阀门 E2 后, 在阀门 E11 与 E4 间接入供水管道, CO<sub>2</sub>空气热源泵出口处设置有温度计 T5, 检测 CO<sub>2</sub>空气热源泵出口温度, CO<sub>2</sub>空气热源泵通过阀门 E9 后在第二循环水泵和热交换器之间接入回水管道, CO<sub>2</sub>空气热源泵入口处设置有温度计 T6, 检测 CO<sub>2</sub>空气热源泵入口温度, CO<sub>2</sub>空气热源泵入口管道还通过管道与阀门 E10 连接到阀门 E1 与阀门 E11 之间; 所述的温度计、压力表、流量计均将采集到的数据传回控制系统, 阀门与控制系统连接。

[0028] 所述的蓄热水箱的蓄热侧入口通过阀门 E3 接入供热管道上阀门 E11 与阀门 E4 之间, 阀门 E3 与蓄热水箱间的管道上设置有压力表 P6, 检测管道工质压力, 蓄热水箱的蓄热侧入口上设置有温度计 T7, 检测蓄热水箱蓄热侧入口温度, 蓄热水箱的蓄热侧出口通过阀门 E7 接入供热管道上阀门 E6 与第二循环水泵之间, 阀门 E7 与蓄热水箱间的管道上设置有压力表 P7, 检测管道工质压力, 蓄热水箱的蓄热侧出口上设置有温度计 T8, 检测蓄热水箱蓄热侧出口温度; 蓄热水箱的供热侧出口通过阀门 E5 和第三循环水泵接入供热管道上阀门 E4 与末端供暖系统之间, 阀门 E5 与蓄热水箱间的管道上设置有压力表 P8, 检测管道工质压力, 蓄热水箱的供热侧出口上设置有温度计 T9, 检测蓄热水箱供热侧出口温度, 蓄热水箱的供热侧入口通过阀门 E8 接入供热管道上阀门 E6 与末端供暖系统之间, 阀门 E8 与蓄热水箱间的管道上设置有压力表 P9, 检测管道工质压力, 蓄热水箱的供热侧入口上设置有温度计 T10, 检测蓄热水箱供热侧入口温度; 所述的温度计、压力表、流量计均将采集到的数据传回控制系统, 阀门与控制系统连接。

[0029] 当集热器出口温度 T1 和进口温度 T2 温差大于设定的集热器温差控制参数值  $\Delta T_{sc}$ , 且集热器盖板内的温度 T13 大于等于集热器进口温度 T2 时, 第一循环水泵启动, 则集热系统开始运行; 相反, 当集热器出口温度 T1 和进口温度 T2 温差小于停止运行控制参数值  $\Delta T_{sc1}$  时, 第一循环水泵停止, 即集热系统停止运行。

[0030]

$$\begin{cases} T_1 - T_2 > \Delta T_{sc} \\ T_{13} > T_2 \end{cases} \quad \text{集热系统 停止--启动}$$

[0031]  $T_1 - T_2 < \Delta T_{sc1}$  集热系统 启动 -- 停止

[0032] 蓄热水箱的运行分成两种工况: 一是太阳能对蓄热水箱的蓄热; 二是蓄热水箱的放热。蓄热水箱处于蓄热工况时, 采用蓄热装置的供热侧进出口温差  $\Delta T_{xc}$  作为控制参数。蓄热水箱放热运行模式主要由供热侧出口温度 T9 决定, 因此选择  $T_{xc}$  作为此时的控制参数。蓄热水箱两种工况的启停控制方法如下:

[0033]

$$\begin{cases} T_9 - T_{10} \geq \Delta T_{xc} & \text{启动} \\ T_9 - T_{10} < \Delta T_{xc} & \text{停止} \end{cases} \quad \text{蓄热}$$

[0034]

$$\begin{cases} T_9 \geq T_{xc} & \text{启动} \\ T_9 < T_{xc} & \text{停止} \end{cases} \quad \text{放热}$$

[0035] CO<sub>2</sub>空气源热泵的启动分为两种情况：一是在夜间或阴天无太阳辐射，并且无蓄热量可供利用时；二是有太阳辐射，但辐射量不满足供热需求时。处于前者时，采用集热器和蓄热水箱的启停来综合进行判断，当集热器与蓄热水箱处于停止运行时，开启机组运行，采用  $\Delta T_{sc}$  和  $T_{xc}$  作为控制参数；处于后者时，集热器处于运行状态，主要由二次侧板式换热器出口温度  $T_3$  决定，采用  $T_{bc1}$  作为控制参数。CO<sub>2</sub>空气源热泵机组两种情况的启停控制如下：

[0036]

$$\begin{cases} T_1 - T_2 < \Delta T_{sc} \\ T_9 < \Delta T_{xc} \end{cases} \quad \text{启动} \quad \text{无太阳辐射}$$

[0037]

$$\begin{cases} T_1 - T_2 > \Delta T_{sc} \\ T_{13} > T_2 \\ T_3 < T_{bc1} \end{cases} \quad \text{启动} \quad \text{有太阳辐射}$$

[0038] 太阳能单独供暖模式如图 2 所示。水流经板式换热器出口流出，通过末端散热装置散热，然后水流经管道回到板式换热器，与太阳能集热系统热水进行换热，达到整个循环模式的实现。此种模式下，电动阀 E1、E4、E6、E11 开启，关闭 E2、E3、E5、E7、E8、E9、E10。

[0039] 模式使用条件：太阳升起日照强度不高的时段，但供水温度满足了末端供热的要求。

[0040] 控制策略：在满足太阳能集热器运行条件下，当二次侧板式换热器出口温度  $T_3$  大于控制参数值  $T_{bc1}$  时，启动循环水泵 2，此时开启电动阀 E1、E4、E6、E11，关闭阀门 E2、E3、E5、E7、E8、E9、E10。

$$[0041] \quad \begin{cases} T_1 - T_2 > \Delta T_{sc} \\ T_{13} > T_2 \\ T_3 > T_{bc1} \end{cases}$$

[0042] 太阳能供热和蓄热模式如图 3 所示。水流经板式换热器出口流出，一部分通过管道进入末端散热装置，一部分进入蓄热水箱，对蓄热水箱进行蓄热，然后两部分的回水汇合经管道回到板式换热器，与太阳能集热系统热水进行换热，达到整个循环模式的实现。此种模式下，电动阀 E1、E3、E4、E6、E7、E11 开启，关闭 E2、E5、E8、E9、E10。

[0043] 模式使用条件：日照强度较高时，板式换热器的出水温度高于末端供热的要求，此时在向末端供热的同时，多余的热量可以储存在蓄热水箱中。

[0044] 控制策略：在满足太阳能集热器运行条件下，当二次侧板式换热器出口温度  $T_3$  继

续增大,大于控制参数  $T_{bc2}$ 时,已经满足了既供热又蓄热的要求,循环水泵 2 和电动阀 E1、E3、E4、E6、E7、E11 开启;

$$[0045] \quad \begin{cases} T_1 - T_2 > \Delta T_{sc} \\ T_{13} > T_2 \\ T_3 > T_{bc2} \end{cases}$$

[0046] 太阳能蓄热模式如图 4 所示。水流经板式换热器出口流出,通过管道进入蓄热装置,对蓄热水箱进行蓄热,然后水流经管道回到板式换热器,与太阳能集热系统热水进行换热,达到整个循环模式的实现。此种模式下,电动阀 E1、E3、E7、E11 开启,关闭 E2、E4、E5、E6、E8、E9、E10。

[0047] 模式使用条件:日照强度较大,室外气温高,在供热初期或者后期的中午时分,室内没有供暖需求,则此时将太阳能热都储存在水箱中。

[0048] 控制策略:在满足太阳能集热器运行条件下,当二次侧板式换热器出口温度  $T_3$  大于控制参数值  $T_{bc3}$ ,且房间末端温度大于控制参数值  $T_{fc}$ 时,在太阳能单独供热模式的基础上关闭电动阀 E4 和 E6,同时开启电动阀 E3 和 E7;

$$[0049] \quad \begin{cases} T_1 - T_2 > \Delta T_{sc} \\ T_{13} > T_2 \\ T_3 > T_{bc3} \\ T_{14} > T_{fc} \end{cases}$$

[0050] 蓄热装置单独供热模式如图 5 所示。蓄热装置通过循环系统直接与末端进行热交换完成整个循环模式。此种模式下,电动阀 E5、E8 开启,关闭 E1、E2、E3、E4、E6、E7、E9、E10、E11。

[0051] 模式使用条件:已不满足集热器开启条件,并且蓄热装置满足末端供热要求时,通过蓄热水箱直接进行供热,满足末端需求。

[0052] 控制策略:在太阳能集热器停止运行条件下,应首先检测蓄热水箱是否达到供热要求,当蓄热水箱出口温度  $T_9$  大于控制参数值  $T_{xc}$ ,此时,关闭循环水泵 2,启动循环水泵 3,只开启电动阀 E5 和 E8;

$$[0053] \quad \begin{cases} T_1 - T_2 < \Delta T_{sc} \\ T_9 > T_{xc} \end{cases}$$

[0054]  $CO_2$ 空气源热泵单独供热模式如图 6 所示。启动  $CO_2$ 空气源热泵,水流通过管道进入末端散热装置,然后水流经管道回到机组内,达到整个循环模式的实现。此种模式下,电动阀 E2、E4、E6、E9 开启,关闭 E1、E3、E5、E7、E8、E10、E11。

[0055] 模式使用条件:没有太阳能,不满足集热器开启条件,并且蓄热装置放热过程已经完成,开启  $CO_2$ 空气源热泵,用来满足末端的供热需要。

[0056] 控制策略:在太阳能集热器停止运行条件下,同时蓄热水箱出口温度  $T_9$  小于控制参数值  $T_{xc}$ ,此时电动阀 E3、E4、E6、E9 开启。

$$[0057] \quad \begin{cases} T_1 - T_2 < \Delta T_{sc} \\ T_9 < T_{xc} \end{cases}$$

[0058] CO<sub>2</sub>空气源热泵供热和蓄热模式如图 7 所示。启动 CO<sub>2</sub>空气源热泵,一部分通过管道进入末端散热装置,另外一部分进入蓄热水箱,对水箱蓄热,然后两部分回水汇合后回到机组内,完成整个循环模式。此种模式下,电动阀 E2、E3、E4、E6、E7、E9 开启,关闭 E1、E5、E8、E10、E11。

[0059] 模式使用条件:没有太阳能,不满足集热器开启条件,并且 CO<sub>2</sub>空气源热泵供热模式下,用来满足末端的供热需要的同时,热量还有剩余,通过蓄热水箱储存起来。

[0060] 控制策略:在太阳能集热器停止运行条件下,同时蓄热水箱出口温度 T<sub>9</sub> 小于控制参数值 T<sub>xc</sub>,CO<sub>2</sub>空气源热泵开始单独运行,并且末端回水温度 T<sub>11</sub> 大于控制参数 T<sub>jc</sub>时,此时在电动阀 E2、E4、E6、E9 开启的同时,再开启电动阀 E3、E7。

$$[0061] \quad \begin{cases} T_1 - T_2 < \Delta T_{sc} \\ T_9 < T_{xc} \\ T_9 - T_{10} > \Delta T_{xc} \\ T_{11} > T_{jc} \end{cases}$$

[0062] 太阳能和 CO<sub>2</sub>空气源热泵联合供热模式如图 8 所示,太阳能集热器和 CO<sub>2</sub>空气源热泵机组启动,二次侧水流通过板式换热器,从 CO<sub>2</sub>空气源热泵机组入口进入,通过机组水流经过末端散热装置散热,然后水流经管道回到板式换热器,与太阳能集热系统热水进行换热,达到整个循环模式的实现。此种模式下,电动阀 E1、E2、E4、E6、E10 开启,关闭 E3、E5、E7、E8、E9、E11。

[0063] 模式使用条件:太阳能日照强度不足,而且蓄热水箱没有达到末端供热要求,则此时要启动 CO<sub>2</sub>空气源热泵,共同来满足末端供热需求。

[0064] 控制策略:在满足太阳能集热系统运行条件下,且集热器出口温度大于控制参数 T<sub>bc</sub>,但二次侧板式换热器出口温度 T<sub>3</sub> 小于控制参数 T<sub>bc1</sub>,此时电动阀 E1、E2、E4、E6、E10 开启。

$$[0065] \quad \begin{cases} T_1 - T_2 > \Delta T_{sc} \\ T_{13} > T_2 \\ T_1 > T_{bc} \\ T_3 < T_{bc1} \end{cases}$$

[0066] 在前面建立的控制目标条件下,根据各个运行模式的特点确定几种典型运行模式之间的转换控制条件。

[0067] 1) 太阳能单独供热模式转换为太阳能供热与蓄热模式

[0068] 随着太阳日照强度越来越高,经板式换热器换热后二次侧的出水温度不断的上升,系统到达末端的热量大于房间末端所需热量,此时,太阳能单独供热模式转换为太阳能供热与蓄热模式,转换条件为:

$$[0069] \quad T_3 > T_{bc2}$$

[0070] 2) 太阳能供热与蓄热模式转换为太阳能单独供热模式

[0071] 当满足蓄热装置进出口温差小于  $\Delta T_{xc}$ ,并且出口温度  $T_9 \geq T_{xc}$ ,这就表示蓄热装置蓄热完成,停止蓄热。重新转换为太阳能单独供热模式。

$$[0072] \quad \begin{cases} T_9 - T_{10} < \Delta T_{xc} \\ T_9 \geq T_{xc} \end{cases}$$

[0073] 3) 太阳能单独供热模式转换为联合供热模式

[0074] 当在太阳能单独供热模式下运行,当检测到二次侧的出水温度不断的下降,并最终低于控制参数  $T_{bc1}$ ,此时太阳能单独供热送至末端的热量已不能满足房间末端的需求,启动  $CO_2$ 空气源热泵机组,转换为太阳能与  $CO_2$ 空气源热泵联合供热模式。

$$[0075] \quad T_3 < T_{bc1}$$

[0076] 4) 联合供热模式转换为  $CO_2$ 空气源热泵单独供热模式

[0077] 当检测到一次侧的进出水温度低于控制参数  $\Delta T_{sc}$ ,此时集热系统停止运行,并且此时蓄热装置达不到供热要求时,只能由  $CO_2$ 空气源热泵单独供热。

$$[0078] \quad \begin{cases} T_1 - T_2 < \Delta T_{sc} \\ T_9 < T_{xc} \end{cases}$$

[0079] 5) 联合供热模式转换为蓄热装置单独供热模式

[0080] 当检测到一次侧的进出水温度低于控制参数  $\Delta T_{sc}$ ,此时集热系统停止运行,同时蓄热装置满足末端供热要求时,启动蓄热装置单独供热模式。

$$[0081] \quad \begin{cases} T_1 - T_2 < \Delta T_{sc} \\ T_9 > T_{xc} \end{cases}$$

[0082] 6)  $CO_2$ 空气源热泵单独供热模式转换为太阳能单独供热模式

[0083] 当检测到一次侧的进出水温度大于控制参数  $\Delta T_{sc}$ ,达到集热器运行要求,并且二次侧板式换热器出口温度大于控制参数  $T_{bc1}$ 时,转换为太阳能单独供热模式。

$$[0084] \quad \begin{cases} T_1 - T_2 > \Delta T_{sc} \\ T_{13} > T_2 \\ T_3 > T_{bc1} \end{cases}$$

[0085] 7)  $CO_2$ 空气源热泵单独供热模式转换为联合供热模式

[0086] 当检测到一次侧的进出水温度大于控制参数  $\Delta T_{sc}$ ,达到集热器运行要求,但是二次侧板式换热器出口温度小于控制参数  $T_{bc1}$ 时,转换为联合供热模式。

$$[0087] \quad \begin{cases} T_1 - T_2 > \Delta T_{sc} \\ T_{13} > T_2 \\ T_3 < T_{bc1} \end{cases}$$

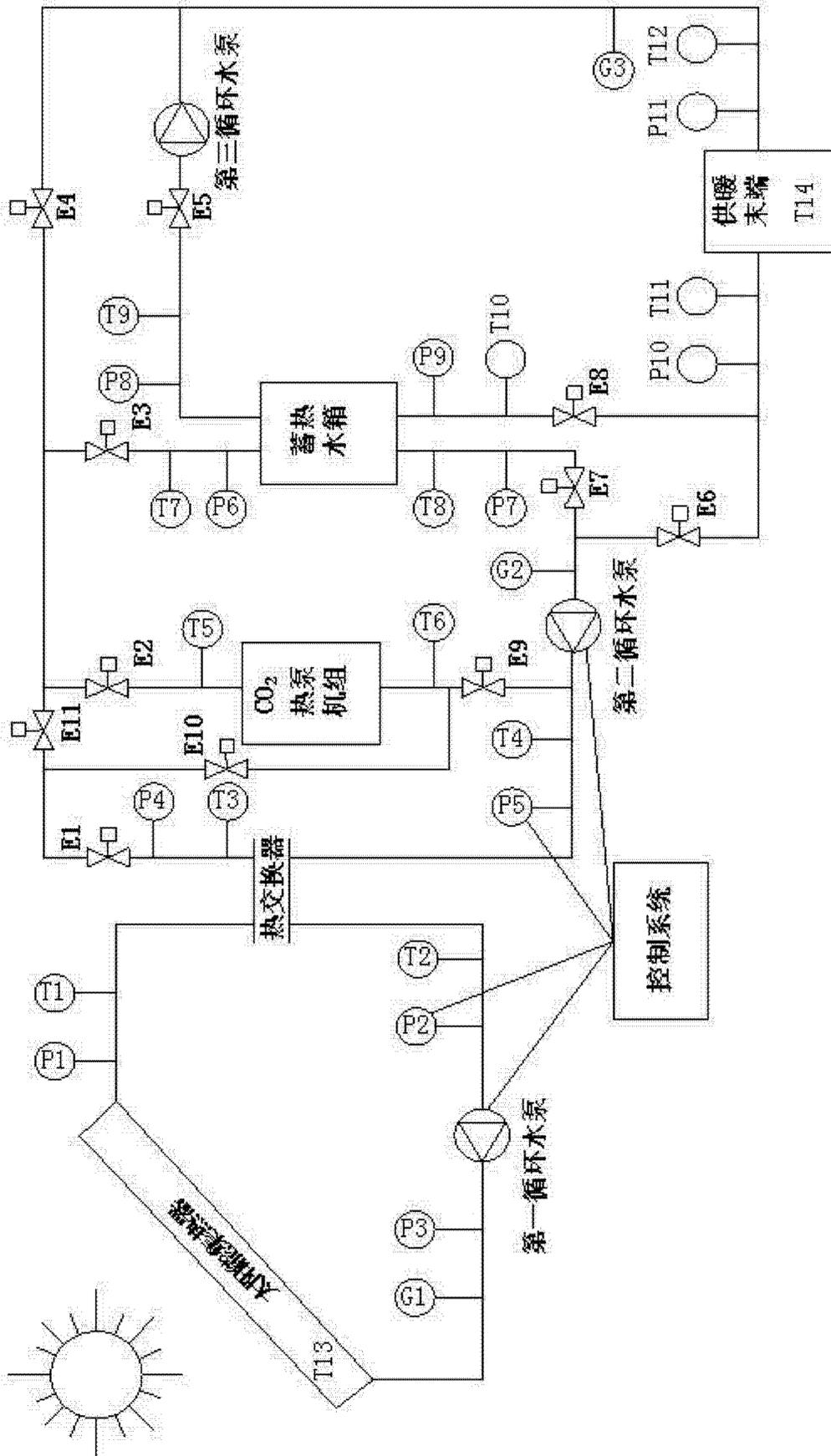


图 1

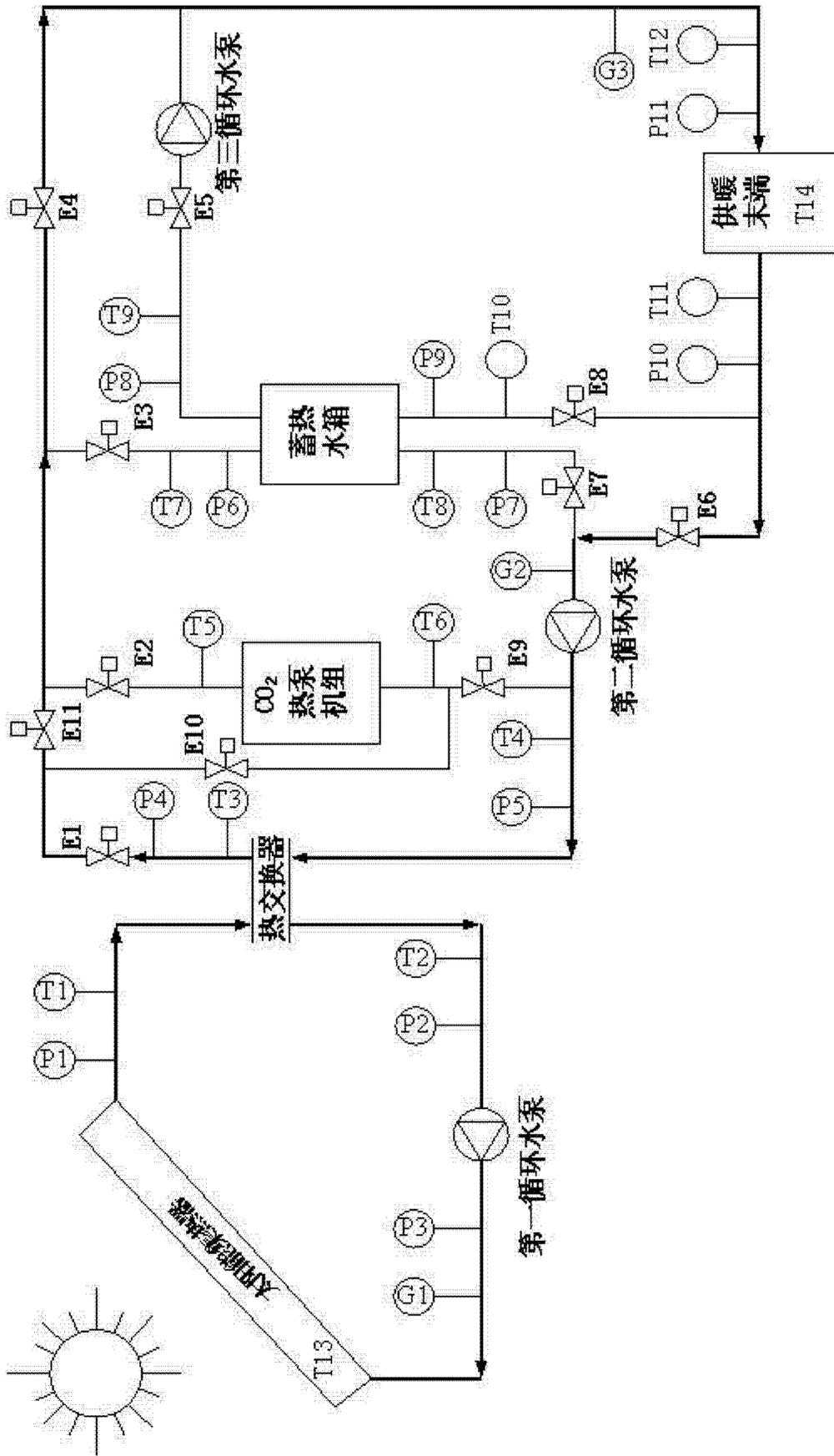


图 2

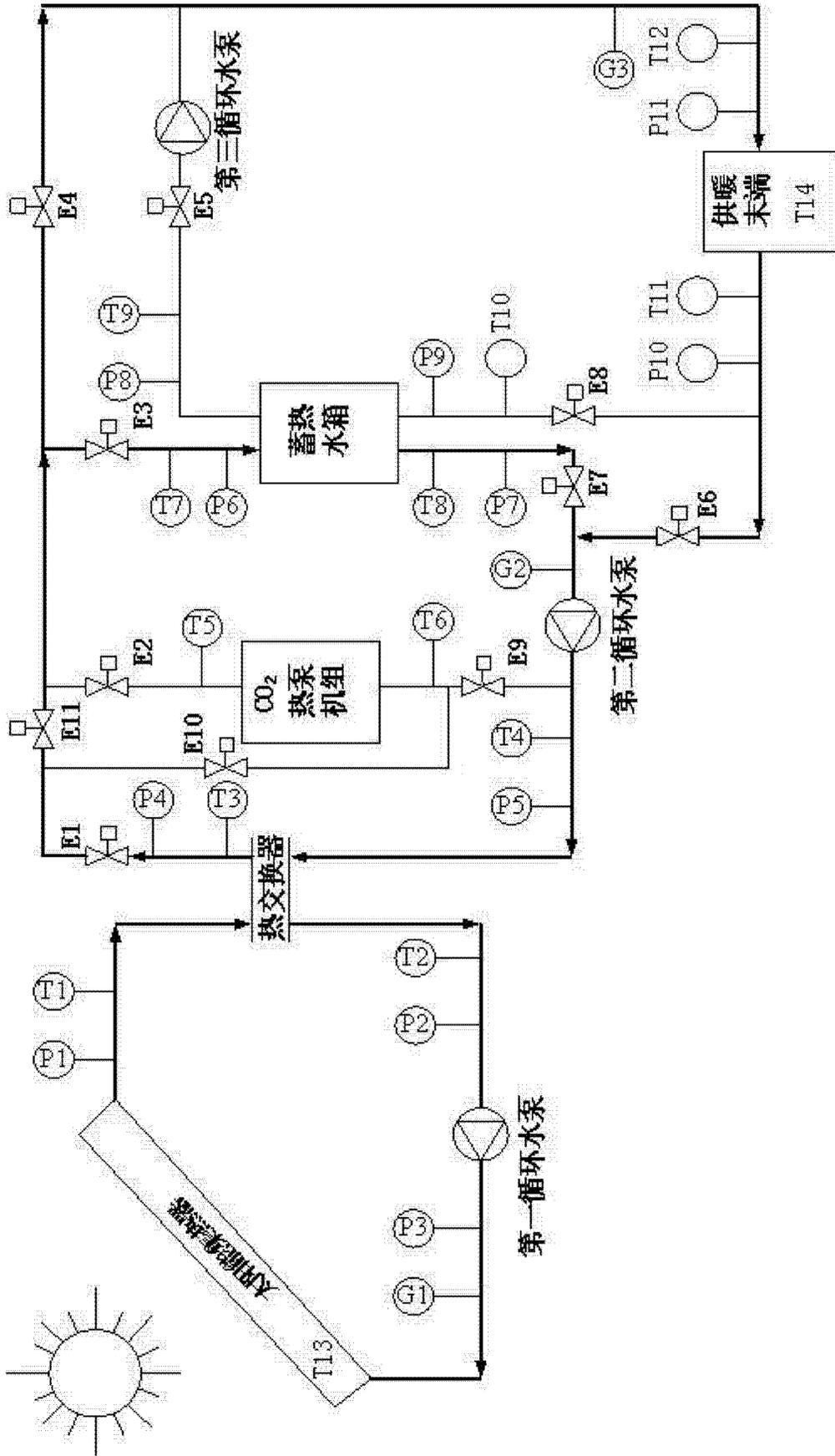


图 3

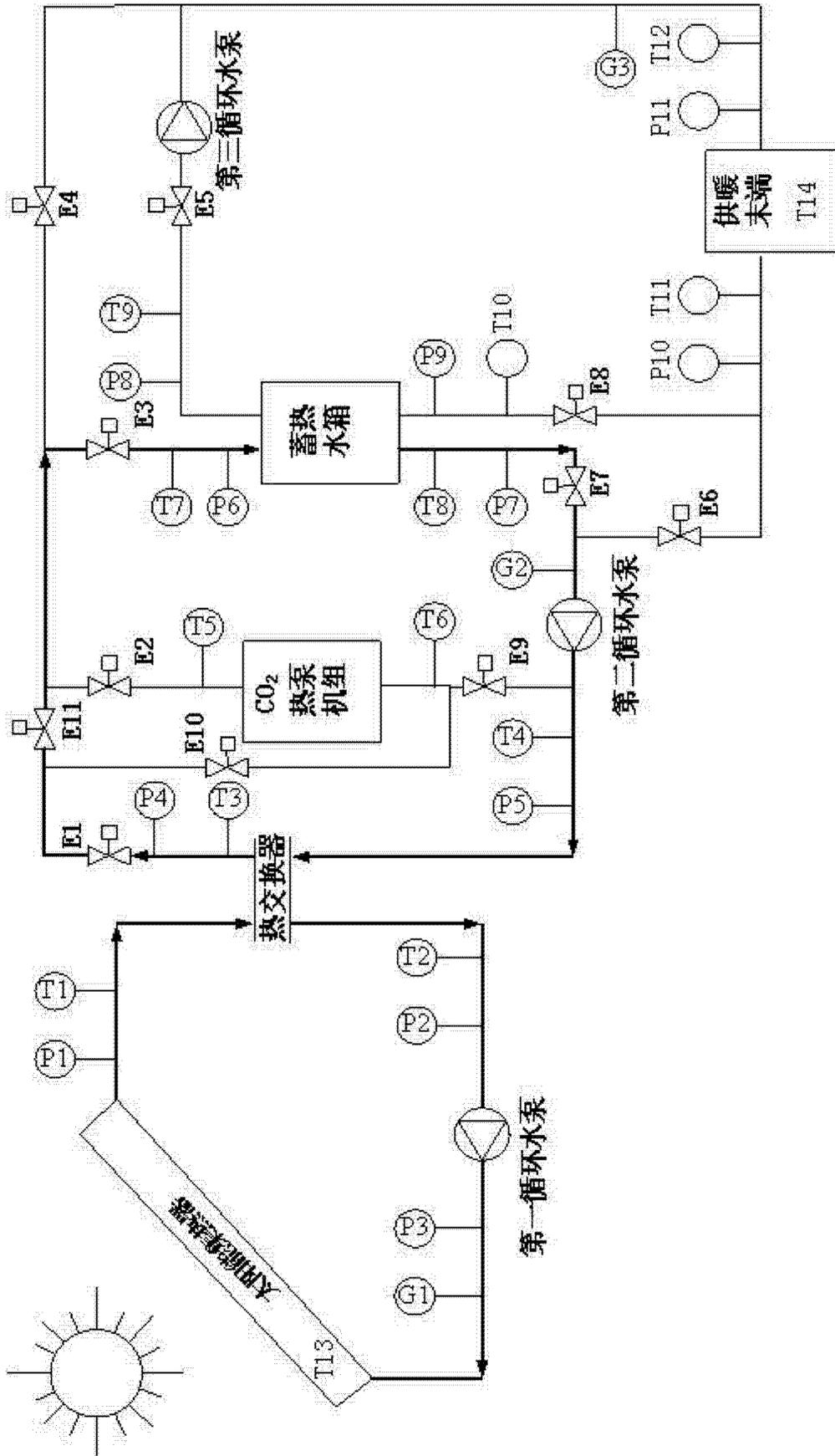


图 4

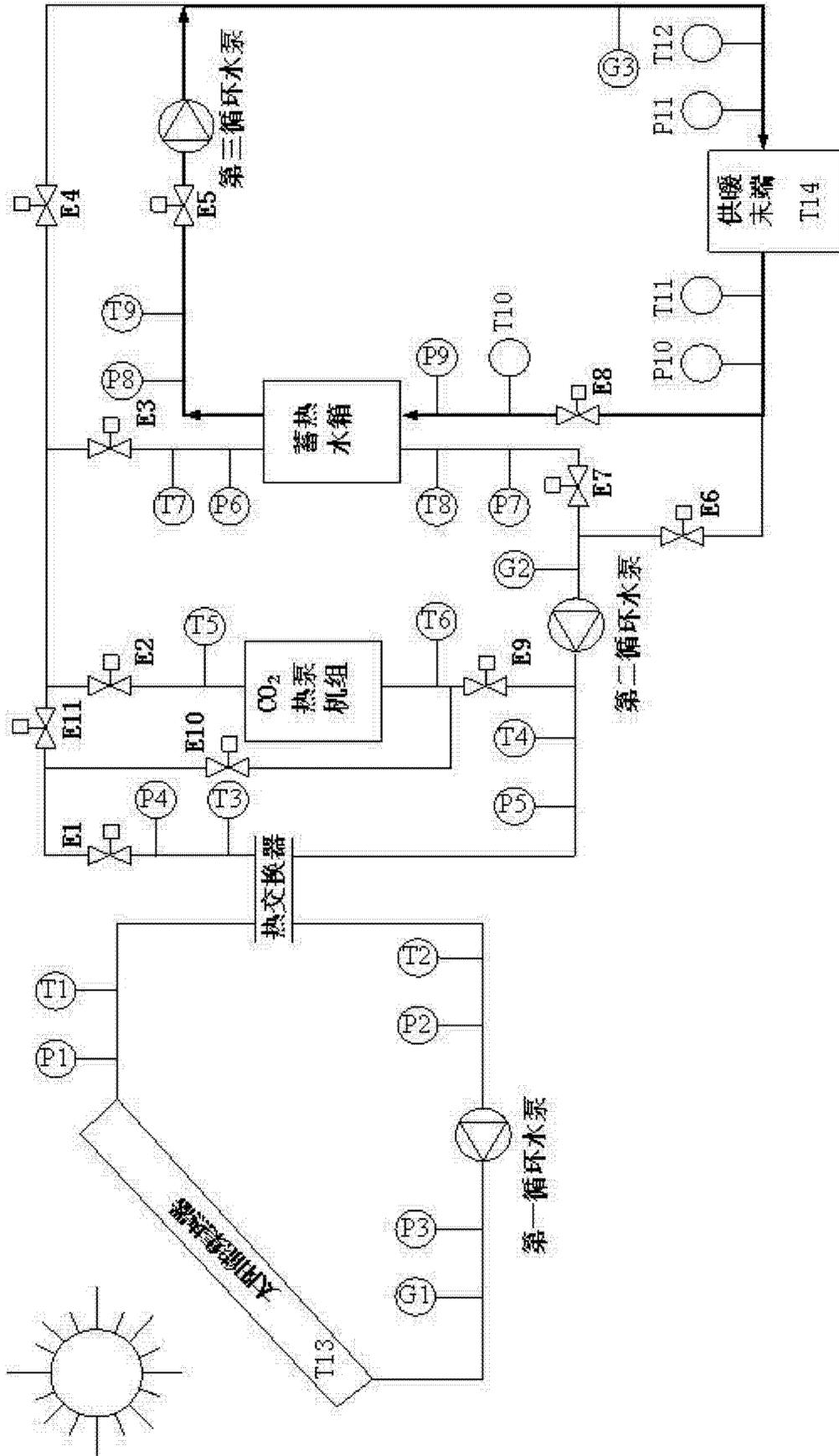


图 5

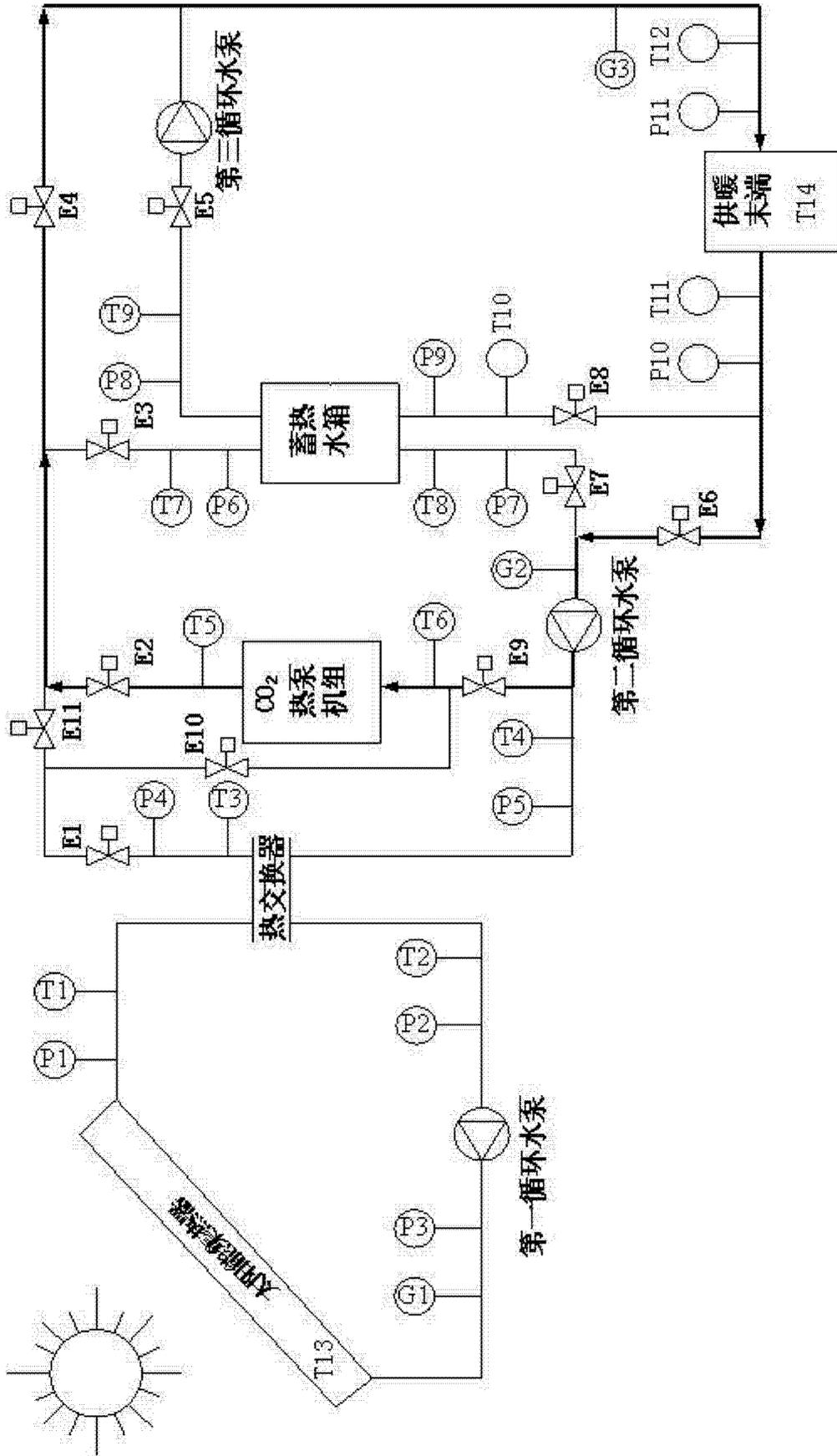


图 6

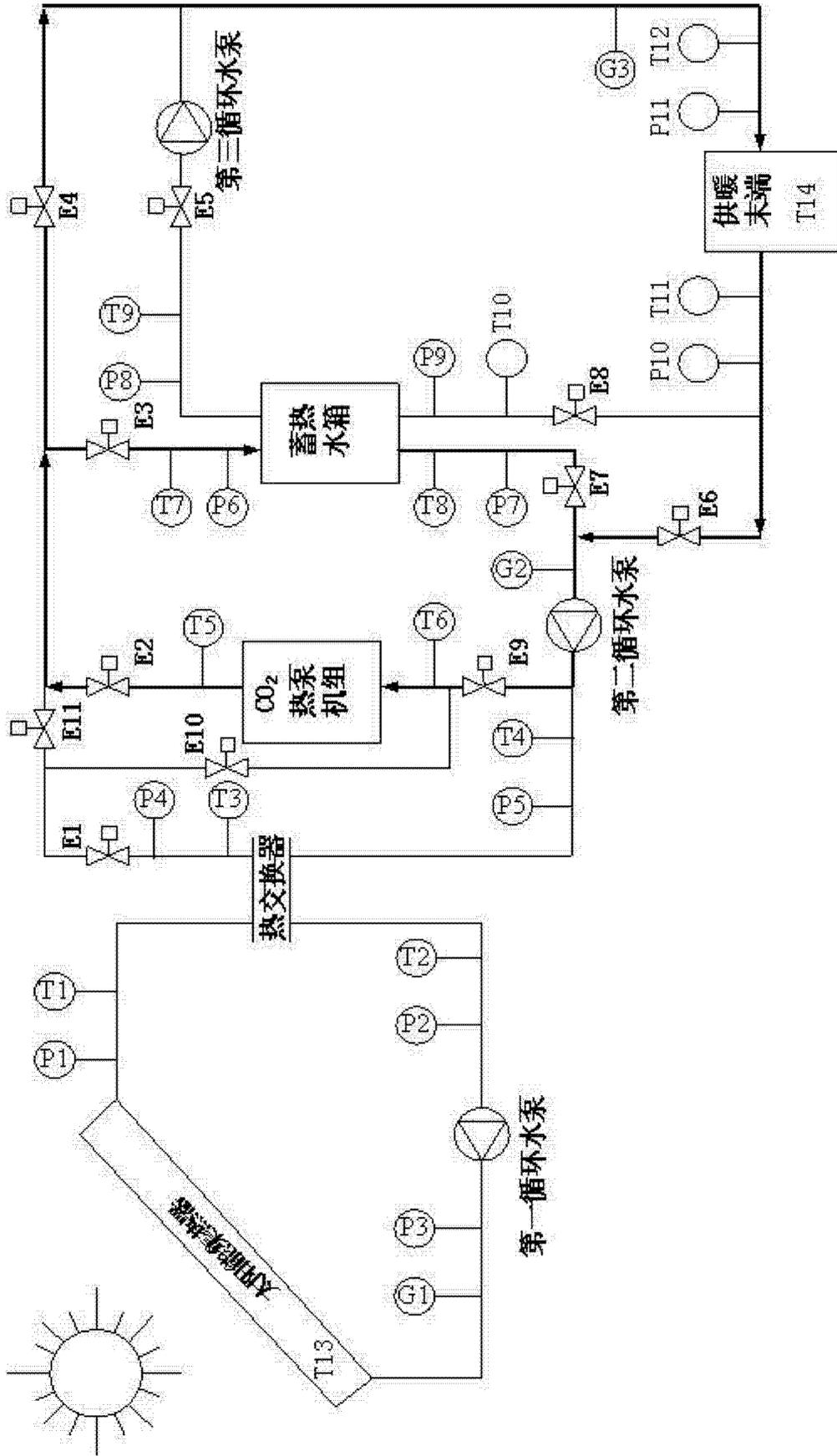


图 7

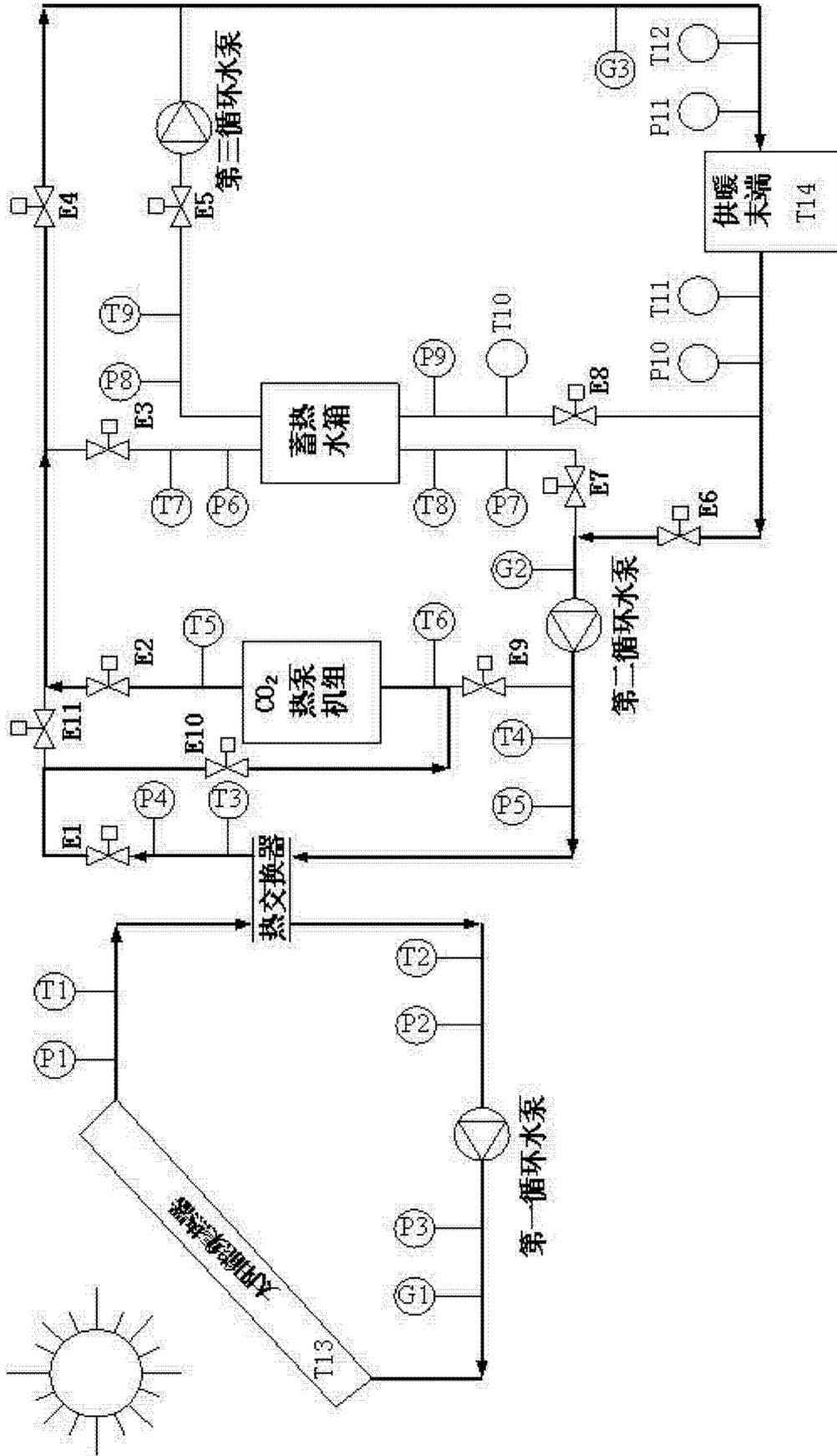


图 8