



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116181438 B

(45) 授权公告日 2025. 06. 27

(21) 申请号 202211570319.9

(22) 申请日 2022.12.08

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 116181438 A

(43) 申请公布日 2023.05.30

(73) 专利权人 苏州海陆重工股份有限公司

地址 215600 江苏省苏州市张家港市东南
大道1号(张家港经济技术开发区)苏
州海陆重工股份有限公司

(72) 发明人 陈秋雨 马靖萱 张函 雷露晓

(74) 专利代理机构 南京苏科专利代理有限责任
公司 32102

专利代理师 陈虹霞

(51) Int. Cl.

F01K 17/00 (2006.01)

F01K 17/02 (2006.01)

F01K 11/02 (2006.01)

F01K 11/00 (2006.01)

F01D 15/10 (2006.01)

F01B 23/10 (2006.01)

F24D 3/10 (2006.01)

F24D 3/18 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102331028 A, 2012.01.25

EP 2955372 A2, 2015.12.16

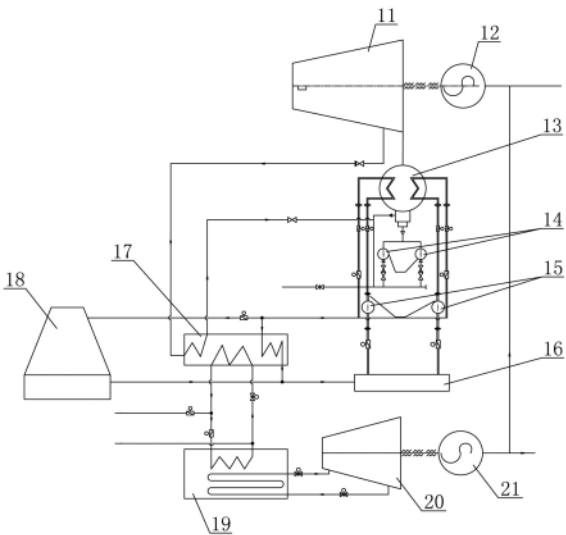
审查员 翁武纬

(54) 发明名称

一种电站循环水余热系统

(57) 摘要

本发明公开了一种电站循环水余热系统,包括:带发电机的凝汽式汽轮机、凝汽器、凝结水泵、循环水泵、吸水井、冷却塔、热泵系统、ORC系统、带永磁电机的膨胀机,上述部件通过管路系统连接构成热泵系统和ORC系统联合的电站循环水余热系统。由热泵系统和ORC系统联合构成的电站循环水余热系统既解决了循环水温度上升导致循环水蒸发量增加造成的损失,又降低了循环水的温度,提升凝汽器真空,还利用循环水余热发电,产生额外经济效益。



1. 一种电站循环水余热系统,包括:带发电机的凝汽式汽轮机、凝汽器、凝结水泵、循环水泵、吸水井、冷却塔和热泵系统;其特征在于:凝汽式汽轮机的乏气出口通过第一管路与凝汽器的蒸汽进口连通,在凝汽器的冷凝水出口处连接有带凝结水泵的第二管路,第二管路汇集与第三管路连通;吸水井的出水口通过带循环水泵的第一循环管路与凝汽器的冷却水进水口连通,凝汽器的冷却水出水口与第二循环管路连通,第二循环管路的出口与冷却塔的进水口连通,冷却塔的出水口通过第三循环管路与吸水井的进水口连通;凝汽式汽轮机的低压饱和蒸汽出口通过第四管路与热泵系统的饱和蒸汽进口连通,热泵系统的冷凝水出口通过第五管路连接于第三管路上;在第二循环管路上设置有第四循环管路,第四循环管路的出口与热泵系统的循环水进口连通,热泵系统的循环水出口通过第五循环管路连接于第三循环管路上;电站循环水余热系统还包括:ORC系统、带永磁电机的膨胀机;热泵系统的冷水进口通过第六管路与ORC系统的冷水出口连通,供暖用户回水管的出水口连接于第六管路上,热泵系统的热水出口通过第七管路与ORC系统的热水进口连通,供暖用户供水管的进水口连接于第七管路上;ORC系统的工质蒸汽出口通过第八管路与膨胀机的气体进口连通,膨胀机的液体出口通过第九管路与ORC系统的工质液体进口连通;在第二管路、第三管路、第四管路、第五管路、第六管路、第七管路的供暖用户供水管连接处至第七管路出口之间段、供暖用户供水管、第八管路、第九管路、第一循环管路、第二循环管路分别安装有至少一个阀门。

2. 根据权利要求1所述的一种电站循环水余热系统,其特征在于:所述的热泵系统包括:第一冷凝器、发生器、换热器、吸收器、第一蒸发器;发生器的蒸汽进口为热泵系统的饱和蒸汽进口,在发生器的冷凝水出口处连接有带疏水泵的第一热泵系统管路,第一热泵系统管路的出口为热泵系统的冷凝水出口,发生器的制冷剂蒸汽出口通过第二热泵系统管路与第一冷凝器的制冷剂蒸汽进口连通,发生器的浓缩制冷剂溶液出口通过第三热泵系统管路与换热器的浓缩制冷剂进口连通,换热器的浓缩制冷剂出口通过第四热泵系统管路与吸收器的喷淋管进口连通,换热器的稀释制冷剂出口通过第五热泵系统管路与发生器的稀释制冷剂溶液进口连通;吸收器的低温制冷剂蒸汽进口通过第六热泵系统管路与第一蒸发器的低温制冷剂蒸汽出口连通,吸收器的稀释制冷剂溶液出口通过带溶液泵的第七热泵系统管路与换热器的稀释制冷剂进口连通,吸收器的冷水进口为热泵系统的冷水进口,吸收器的热水出口通过第八热泵系统管路与第一冷凝器的进水口连通;第一蒸发器的制冷剂溶液出口通过带第一工质泵的第九热泵系统管路与第一蒸发器的喷淋管进口连通,第一蒸发器的循环水进口为热泵系统的循环水进口,第一蒸发器的循环水出口为热泵系统的循环水出口;第一冷凝器的制冷剂溶液出口通过带节流阀的第十热泵系统管路与第一蒸发器上的制冷气溶液进口连通,第一冷凝器的热水出口为热泵系统的热水出口。

3. 根据权利要求2所述的一种电站循环水余热系统,其特征在于:在发生器的冷凝水出口至疏水泵之间段的第一热泵系统管路上设置有储水罐。

4. 根据权利要求2或3所述的一种电站循环水余热系统,其特征在于:在第一蒸发器的制冷剂溶液出口与第一工质泵之间段的第九热泵系统管路上设置有制冷剂储液罐。

5. 根据权利要求1或2所述的一种电站循环水余热系统,其特征在于:热泵系统中的制冷剂为溴化锂溶液。

6. 根据权利要求1或2所述的一种电站循环水余热系统,其特征在于:所述的ORC系统包

括:第二蒸发器、第二冷凝器和储液罐;在第二蒸发器的热水进口处连接有带热水泵的第一ORC系统管路,第一ORC系统管路的进口为ORC系统的热水进口,第二蒸发器的冷水出口为ORC系统的冷水出口,第二蒸发器的工质蒸汽出口为ORC系统的工质蒸汽出口,第二蒸发器的工质溶液进口通过带第二工质泵的第二ORC系统管路与储液罐的出口连通,储液罐的进口通过第三ORC系统管路与第二冷凝器的工质出口连通,第二冷凝器的工质进口为ORC系统的工质液体进口,在第二冷凝器上还设置有进风口和出风口,在第二冷凝器的进风口处连接有带风机的第四ORC系统管路。

7.根据权利要求1所述的一种电站循环水余热系统,其特征在于:ORC系统中的工质为R123溶液。

一种电站循环水余热系统

技术领域

[0001] 本发明涉及火力发电技术领域,尤其涉及一种电站循环水余热系统。

背景技术

[0002] 电厂在火力发电生产过程中,蒸汽经凝汽式汽轮机做功后成为低温蒸汽,排入凝汽器中冷凝放热,这部分冷凝热被循环水带到冷却塔直接排向大气。循环水在整体机组循环中起着维持凝汽器真空、冷却凝结水的作用。但由于不凝结气体的存在,使得凝汽器真空度降低,循环水温度升高,尤其在夏季更严重,通过冷却塔冷却,加大了循环水的蒸发量,导致补水量最多,水资源消耗高,限负荷情况增多,能量浪费率高。

[0003] 为了降低能量浪费率,有部分企业提出了循环水余热回收装置,如专利申请号为202122463045.0的中国发明专利申请公开了一种热电厂循环水余热回收装置,包括箱体,箱体的顶部固定安装有热水箱,箱体一侧安装有进气管,箱体的顶部与热水箱之间固定有输送管,热水箱内安装有导热管,输送管的一端与导热管连接,热水箱的顶部安装有热气排出管,导热管远离输送管的一端与热气排出管连接,箱体内滑动安装有活塞,进气管上安装有单向阀一,输送管上安装有单向阀二,箱体的一端安装有滤网,箱体上设有用于滤网的清理组件,箱体的底部开设有排出口,排出口上通过螺栓连接有盖板,排出口位于滤网靠近进气管的一侧下方。工作时,通过热水箱的一侧的热水管通入循环水进入到热水箱内,启动伺服电机带动往复丝杆一转动,带动往复板来回移动带动连杆运动,使得活塞来回移动,活塞向往复丝杆运动时,进气管吸取外界气流进入到箱体内,通过单向阀一限制气流只能从外界进入到进气管内,当活塞向远离往复丝杆一的方向运动,推动箱体内的气流通过输送管排入到导热管内,单向阀二限制气流只能从箱体向输送管流动,气流进入到导热管内,与导热管外部的循环热水进行热交换,给气流进行加热预热,热气流通过热气排出管排出可以用来进行供暖的暖气预热,降低供暖的消耗,对循环水的热量进行余热回收,提升热量利用率。

[0004] 但是由于季节的限制,该方案只能在供暖季节被使用,在非供暖季节,系统将停止运行,循环水余热依旧会被排放到大气中,造成能量浪费。此外,由于南北方气候差异,对于全年都无供暖的南方,循环水余热利用率基本为零。对于北方,也只有冬季需要供暖,其余季节也无需供暖,循环水余热利用率也不是很高,能量浪费率依然较高。

发明内容

[0005] 本发明所需解决的技术问题是:提供一种热泵系统和ORC系统联合的电站循环水余热系统,该系统利用热泵系统吸收循环水余热产生热水,作为ORC系统热源来进行发电,能够有效降低循环水温度,提升凝汽器真空度,节约水资源的消耗,增加额外发电量,提高机组整体效率。

[0006] 为解决能量浪费率高的问题,本发明采用的技术方案是:采用热泵系统和ORC系统联合的方式针对循环水余热进行有效利用,提高能量利用率。所述的一种电站循环水余热

系统,包括:带发电机的凝汽式汽轮机、凝汽器、凝结水泵、循环水泵、吸水井、冷却塔、热泵系统、ORC系统、以及带永磁电机的膨胀机。其中,凝汽式汽轮机对外做功使得发电机运转发电产生电流,以及膨胀机对外做功使得永磁电机运转发电产生电流这两部分属于现有的成熟技术,因而这里不对凝汽式汽轮机与发电机之间的连接结构、以及膨胀机与永磁电机之间的连接结构展开赘述。

[0007] 各组成部件之间的具体连接关系为:凝汽式汽轮机的乏气出口通过第一管路与凝汽器的蒸汽进口连通,在凝汽器的冷凝水出口处连接有带凝结水泵的第二管路,第二管路汇集与第三管路连通;吸水井的出水口通过带循环水泵的第一循环管路与凝汽器的冷却水进水口连通,凝汽器的冷却水出水口与第二循环管路连通,第二循环管路的出口与冷却塔的进水口连通,冷却塔的出水口通过第三循环管路与吸水井的进水口连通;凝汽式汽轮机的低压饱和蒸汽出口通过第四管路与热泵系统的饱和蒸汽进口连通,热泵系统的冷凝水出口通过第五管路连接于第三管路上;在第二循环管路上设置有第四循环管路,第四循环管路的出口与热泵系统的循环水进口连通,热泵系统的循环水出口通过第五循环管路连接于第三循环管路上。热泵系统的冷水进口通过第六管路与ORC系统的冷水出口连通,供暖用户回水管的出水口连接于第六管路上,热泵系统的热水出口通过第七管路与ORC系统的热水进口连通,供暖用户供水管的进水口连接于第七管路上;ORC系统的工质蒸汽出口通过第八管路与膨胀机的气体进口连通,膨胀机的液体出口通过第九管路与ORC系统的工质液体进口连通;在第二管路、第三管路、第四管路、第五管路、第六管路、第七管路的供暖用户供水管连接处至第七管路出口之间段、供暖用户供水管、第八管路、第九管路、第一循环管路、第二循环管路分别安装有至少一个阀门。

[0008] 热泵系统以高品位热能为动力,回收低温热源的热量,制取较高温度的热水以供采暖或满足工艺等需求。本方案中的热泵系统的具体结构包括:第一冷凝器、发生器、换热器、吸收器、第一蒸发器;发生器的蒸汽进口为热泵系统的饱和蒸汽进口,在发生器的冷凝水出口处连接有带疏水泵的第一热泵系统管路,第一热泵系统管路的出口为热泵系统的冷凝水出口,发生器的制冷剂蒸汽出口通过第二热泵系统管路与第一冷凝器的制冷剂蒸汽进口连通,发生器的浓缩制冷剂溶液出口通过第三热泵系统管路与换热器的浓缩制冷剂进口连通,换热器的浓缩制冷剂出口通过第四热泵系统管路与吸收器的喷淋管进口连通,换热器的稀释制冷剂出口通过第五热泵系统管路与发生器的稀释制冷剂溶液进口连通;吸收器的低温制冷剂蒸汽进口通过第六热泵系统管路与第一蒸发器的低温制冷剂蒸汽出口连通,吸收器的稀释制冷剂溶液出口通过带溶液泵的第七热泵系统管路与换热器的稀释制冷剂进口连通,吸收器的冷水进口为热泵系统的冷水进口,吸收器的热水出口通过第八热泵系统管路与第一冷凝器的进水口连通;第一蒸发器的制冷剂溶液出口通过带第一工质泵的第九热泵系统管路与第一蒸发器的喷淋管进口连通,第一蒸发器的循环水进口为热泵系统的循环水进口,第一蒸发器的循环水出口为热泵系统的循环水出口;第一冷凝器的制冷剂溶液出口通过带节流阀的第十热泵系统管路与第一蒸发器上的制冷气溶液进口连通,第一冷凝器的热水出口为热泵系统的热水出口。

[0009] 进一步地,前述的一种电站循环水余热系统,其中,在发生器的冷凝水出口至疏水泵之间段的第一热泵系统管路上设置有储水罐。在实际使用过程中,需要往热泵系统中补充制冷剂时,可以在第一蒸发器的制冷剂溶液出口与第一工质泵之间段的第九热泵系统管

路上设置有制冷剂储液罐,通过往制冷剂储液罐中加入制冷剂来实现热泵系统中制冷剂补充目的。

[0010] 有机朗肯循环(Organic Rankine Cycle,简称ORC)是以低沸点有机物为工质的朗肯循环。本方案中的ORC系统的具体结构包括:第二蒸发器、第二冷凝器和储液罐;在第二蒸发器的热水进口处连接有带热水泵的第一ORC系统管路,第一ORC系统管路的进口为ORC系统的热水进口,第二蒸发器的冷水出口为ORC系统的冷水出口,第二蒸发器的工质蒸汽出口为ORC系统的工质蒸汽出口,第二蒸发器的工质溶液进口通过带第二工质泵的第二ORC系统管路与储液罐的出口连通,储液罐的进口通过第三ORC系统管路与第二冷凝器的工质出口连通,第二冷凝器的工质进口为ORC系统的工质液体进口,在第二冷凝器上还设置有进风口和出风口,在第二冷凝器的进风口处连接有带风机的第四ORC系统管路,通过风机将外界空气源源不断的输入至第二冷凝器中,对进入第二冷凝器中的工质溶液进行风冷降温。

[0011] 本发明的有益效果是:热泵系统和ORC系统联合构成的电站循环水余热系统既解决了循环水温度上升导致循环水蒸发量增加造成的损失,又降低了循环水的温度,提升凝汽器真空,还利用循环水余热发电,产生额外经济效益。

附图说明

[0012] 图1是本发明所述的一种电站循环水余热系统的流程示意图。

[0013] 图2是图1中带发电机的凝汽式汽轮机、凝汽器、凝结水泵、循环水泵、吸水井之间连接关系的局部放大流程示意图。

[0014] 图3是图1中带发电机的凝汽式汽轮机、冷却塔、热泵系统之间连接关系的局部放大流程示意图。

[0015] 图4是图1中热泵系统、ORC系统、带永磁电机的膨胀机之间连接关系的局部放大流程示意图。

[0016] 图5是热泵系统的流程示意图。

[0017] 图6是图5左半部分的局部放大流程示意图。

[0018] 图7是图5右半部分的局部放大流程示意图。

[0019] 图8是热泵系统的另一种实施例的流程示意图。

[0020] 图9是ORC系统的流程示意图。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图及优选实施例对本发明所述的技术方案作进一步详细的说明。

[0022] 实施例一

[0023] 如图1、图2、图3和图4所示,本实施例新型所述的一种电站循环水余热系统,包括:带发电机12的凝汽式汽轮机11、凝汽器13、凝结水泵14、循环水泵15、吸水井16、冷却塔18、热泵系统17、ORC系统19、以及带永磁电机21的膨胀机20。其中,热泵系统17以高品位热能为动力,回收低温热源的热量,制取较高温度的热水以供采暖或满足工艺等需求。有机朗肯循环(Organic Rankine Cycle,简称ORC)是以低沸点有机物为工质的朗肯循环。

[0024] 上述部件通过管路系统连接构成热泵系统和ORC系统联合的电站循环水余热系统,管路系统的具体连接关系为:

[0025] 凝汽式汽轮机11的乏气111通过第一管路31与凝汽器13的蒸汽进口131连通,在凝汽器13的冷凝水出口132处连接有带凝结水泵14的第二管路32,第二管路32汇集与第三管路33连通。吸水井16的出水口161通过带循环水泵15的第一循环管路41与凝汽器13的冷却水进水口133连通,凝汽器13的冷却水出水口134与第二循环管路42连通,第二循环管路42的出口与冷却塔18的进水口181连通,冷却塔18的出水口182通过第三循环管路43与吸水井16的进水口162连通。凝汽式汽轮机12的低压饱和蒸汽出口112通过第四管路34与热泵系统17的饱和蒸汽进口171连通,热泵系统17的冷凝水出口172通过第五管路35连接于第三管路33上。在第二循环管路42上设置有第四循环管路44,第四循环管路44的出口与热泵系统17的循环水进口173连通,热泵系统17的循环水出口174通过第五循环管路45连接于第三循环管路43上。热泵系统17的冷水进口175通过第六管路36与ORC系统19的冷水出口191连通,供暖用户回水管47的出水口连接于第六管路36上。热泵系统17的热水出口176通过第七管路37与ORC系统19的热水进口192连通,供暖用户供水管46的进水口连接于第七管路37上。ORC系统19的工质蒸汽出口193通过第八管路38与膨胀机20的气体进口201连通,膨胀机20的液体出口202通过第九管路39与ORC系统19的工质液体进口194连通。

[0026] 为便于控制管路系统中的各管路的通断,本实施例在第二管路32、第三管路33、第四管路34、第五管路35、第六管路36、第七管路37的供暖用户供水管46连接处至第七管路37出口之间段、供暖用户供水管46、第八管路38、第九管路39、第一循环管路41、第二循环管路42分别安装有至少一个阀门,上述的每条管路各阀门的选择根据实际需求而定,这里不对阀门具体型号、类型做限制。

[0027] 循环水循环路线为:从热泵系统17的循环水出口174流出的水与从冷却塔18的出水口182流出的水汇集后进入吸水井16中,吸水井16中的水在循环水泵15的作用下抽入凝汽器13中,与进入凝汽器13中的低温低压蒸汽间接热交换吸热后从凝汽器13的冷却水出水口134流出至第二循环管路42中,经第二循环管路42分二路:一路流回冷却塔18中进行冷却,一路经第四循环管路44流入热泵系统17的循环水进口173中,作为热源供热泵系统7使用。

[0028] 凝汽式汽轮机11的低温低压蒸汽路线为:低温低压蒸汽经凝汽式汽轮机11的乏气出口111、第一管路31、凝汽器13的蒸汽进口131进入凝汽器13中,与进入凝汽器13中的循环水间接热交换放热后从凝汽器13的冷凝水出口132流出,经第三管路33向外输送给锅炉所在区域。

[0029] 系统以供暖为主时,凝汽式汽轮机11的低温饱和蒸汽经凝汽式汽轮机11的低温饱和蒸汽出口112、第四管路34、热泵系统17的饱和蒸汽进口171进入热泵系统17中,将从供暖用户回水管47、第六管路36进入热泵系统17中的水加热后,通过热泵系统17的冷凝水出口172、第五管路35、第三管路33向外输送给锅炉所在区域。而进入热泵系统17中的水吸热后通过热泵系统17的热水出口176、第七管路37、供暖用户供水管46向外输送给供暖用户。

[0030] 系统以发电为主时,凝汽式汽轮机11的低温饱和蒸汽经凝汽式汽轮机11的低温饱和蒸汽出口112、第四管路34、热泵系统17的饱和蒸汽进口171进入热泵系统17中,将从供暖用户回水管47、第六管路36进入热泵系统17中的水加热后,通过热泵系统17的冷凝水出口172、第五管路35、第三管路33向外输送给锅炉所在区域。而进入热泵系统17中的水吸热后通过热泵系统17的热水出口176、第七管路37、ORC系统19的热水进口192进入ORC系统19中,

作为ORC系统19带动膨胀机20的热源。

[0031] 综上,该系统整体工艺路线为由凝汽式汽轮机11抽气作为热泵系统17的驱动热源,吸收循环水的热量产生热水,用于冬季供暖或ORC系统发电。ORC系统通过热泵系统17产生的热水作为热源,完成系统循环,带动膨胀机20转动,从而带动永磁电机21发电,完成整个系统的工艺流程。

[0032] 将上述由热泵系统17和ORC系统19联合构成的电站循环水余热系统应用于全年都无供暖的南方场合时,该系统以发电为主,发电机12和永磁电机21产生的电能可以全部并入电网,或者部分并入电网,部分用做其他用途。将上述由热泵系统17和ORC系统19联合构成的电站循环水余热系统应用于冬季需要供暖、其他季节无需供暖的北方场合,当处于冬季时,该系统以供暖为主,此时热泵系统17为主要系统进行供暖,ORC系统19仅维持最低负荷运行,即满足自身泵的功耗。当处于无需供暖的季节时,该系统以发电为主,热泵系统17与ORC系统19联合工作,由热泵系统17吸收循环水的热能产生的热水作为ORC系统19的热源,膨胀机20做功,使永磁电机21产生电能。

[0033] 热泵系统17和ORC系统19联合构成的电站循环水余热系统既解决了循环水温度上升导致循环水蒸发量增加造成的损失,又降低了循环水的温度,提升凝汽器13真空,还利用循环水余热发电,产生额外经济效益。

[0034] 实施例二

[0035] 本实施例是在实施例二的基础上对热泵系统17展开赘述。如图5、图6和图7所示,本实施例中所述的的热泵系统17的具体结构包括:第一冷凝器55、发生器51、换热器52、吸收器53、第一蒸发器54。

[0036] 发生器51的蒸汽进口511为热泵系统17的饱和蒸汽进口171,在发生器51的冷凝水出口512处连接有带疏水泵56的第一热泵系统管路61,第一热泵系统管路61的出口为热泵系统17的冷凝水出口172。发生器51的制冷剂蒸汽出口513通过第二热泵系统管路62与第一冷凝器55的制冷剂蒸汽进口551连通,发生器51的浓缩制冷剂溶液出口512通过第三热泵系统管路63与换热器52的浓缩制冷剂进口521连通,换热器52的浓缩制冷剂出口522通过第四热泵系统管路64与吸收器53的喷淋管进口531连通,换热器52的稀释制冷剂出口523通过第五热泵系统管路65与发生器51的稀释制冷剂溶液进口515连通。吸收器53的低温制冷剂蒸汽进口532通过第六热泵系统管路66与第一蒸发器54的低温制冷剂蒸汽出口541连通,吸收器53的稀释制冷剂溶液出口533通过带溶液泵58的第七热泵系统管路67与换热器52的稀释制冷剂进口524连通,吸收器53的冷水进口534为热泵系统17的冷水进口175,吸收器53的热水出口535通过第八热泵系统管路68与第一冷凝器55的进水口552连通。第一蒸发器54的制冷剂溶液出口546通过带第一工质泵57的第九热泵系统管路69与第一蒸发器54的喷淋管进口542连通,第一蒸发器54的循环水进口543为热泵系统17的循环水进口173,第一蒸发器54的循环水出口544为热泵系统17的循环水出口174。第一冷凝器55的制冷剂溶液出口553通过带节流阀59的第十热泵系统管路610与第一蒸发器54上的制冷气溶液进口545连通,第一冷凝器55的热水出口554为热泵系统17的热水出口176。

[0037] 饱和蒸汽经饱和凝汽式汽轮机11的蒸汽出口112、第四管路34、发生器51的蒸汽进口511进入发生器51中,与发生器51中的制冷剂溶液进行间接热交换放热后,经疏水泵56、第一热泵系统管路61输出。

[0038] 发生器51中的制冷剂溶液与进入发生器51中的饱和蒸汽进行间接热交换吸热后产生制冷剂蒸汽,制冷剂蒸汽经发生器51的制冷剂蒸汽出口513、第二热泵系统管路62、第一冷凝器55的制冷剂蒸汽进口551进入第一冷凝器55中,此时发生器51中的制冷剂溶液因部分被蒸发而变成浓缩制冷剂溶液,浓缩制冷剂溶液经发生器51的浓缩制冷剂溶液出口512、第三热泵系统管路63、换热器52的浓缩制冷剂进口521进入换热器52中,与进入换热器52中的稀释制冷剂溶液进行间接热交换后通过换热器52的浓缩制冷剂出口522、第四热泵系统管路64、吸收器53的喷淋管进口531进入吸收器53的喷淋管中,从吸收器53的喷淋管喷出的浓缩制冷剂溶液以及从吸收器53的低温制冷剂蒸汽进口532进入的低温制冷剂蒸汽一同与进入吸收器53的冷水间接热交换,形成稀释制冷剂溶液,稀释制冷剂溶液在溶液泵58的作用下经吸收器53的稀释制冷剂溶液出口533、第七热泵系统管路67、换热器52的稀释制冷剂进口524进入换热器52中,与进入换热器52中的浓缩制冷剂溶液间接换热后经换热器52的稀释制冷剂出口523、第五热泵系统管路65、发生器51的稀释制冷剂溶液进口515重回发生器51中。

[0039] 而经吸收器53的冷水进口534进入吸收器53的冷水与从吸收器53的喷淋管喷出的浓缩制冷剂溶液以及从吸收器53的低温制冷剂蒸汽进口532进入的低温制冷剂蒸汽间接换热吸热后,经吸收器53的热水出口535、第八热泵系统管路68、第一冷凝器55的进水口552进入第一冷凝器55中,与经发生器51的制冷剂蒸汽出口513、第二热泵系统管路62、第一冷凝器55的制冷剂蒸汽进口551进入第一冷凝器55中的制冷剂蒸汽间接热交换吸热后,从第一冷凝器55的热水出口554输出。

[0040] 而进入第一冷凝器55中的制冷剂蒸汽与经第一冷凝器55的进水口552进入第一冷凝器55中的水间接热交换放热后形成制冷剂溶液,制冷剂溶液经第一冷凝器55的制冷剂溶液出口553、第十热泵系统管路610、第一蒸发器54上的制冷气溶液进口545进入第一蒸发器54中。循环水经第一蒸发器54的循环水进口543进入第一蒸发器54中,与从第一蒸发器54的喷淋管喷撒的制冷剂溶液、以及第一蒸发器54中的制冷剂溶液间接热交换放热后,从第一蒸发器54的循环水出口544输出。而与经第一蒸发器54的循环水进口543进入第一蒸发器54的循环水间接热交换吸热后的制冷剂溶液有部分蒸发形成制冷剂蒸汽,该制冷剂蒸汽经第一蒸发器54的低温制冷剂蒸汽出口541、吸收器53的低温制冷剂蒸汽进口532进入吸收器53中。

[0041] 在此过程中,从第一冷凝器55的制冷剂溶液出口553输出的低温制冷剂溶液进入第一蒸发器54中吸热后蒸发形成低温制冷剂蒸汽进入吸收器53中,进入吸收器53中的低温制冷剂蒸汽在吸收器53内被浓缩制冷剂溶液喷淋吸收,变成稀释制冷剂溶液,稀释制冷剂溶液由溶液泵58经换热器52后送入发生器51,送入发生器51的稀释制冷剂溶液被经发生器51的蒸汽进口511进入的饱和蒸汽加热浓缩产生高压制冷剂蒸汽,同时稀释制冷剂溶液浓度提高成为浓缩制冷剂溶液,浓缩制冷剂溶液经换热器52后返回到吸收器53,而产生的高压制冷剂蒸汽进入第一冷凝器55中放热形成低温制冷剂溶液,低温制冷剂溶液进入第一蒸发器54中,系统运行过程中重复上述循环。

[0042] 在上述循环中,吸收器53的冷水进口534为热泵系统17的冷水进口175,第一冷凝器55的热水出口554为热泵系统17的热水出口176。结合图1所示,冷水经供暖用户回水管47、第六管路36、吸收器53的冷水进口534进入吸收器53中,经吸收器53进行第一阶段加热

后,通过第八热泵系统管路68、第一冷凝器55的进水口552进入第一冷凝器55中,经第一冷凝器55进行第二阶段加热后从第一冷凝器55的热水出口554输出,输出的热水可以送往供暖,也可以送往ORC系统19,作为ORC系统19带动膨胀机20的热源。

[0043] 在上述循环中,发生器51的蒸汽进口511为热泵系统17的饱和蒸汽进口172,第一热泵系统管路61的出口为热泵系统17的冷凝水出口172。结合图1所示,凝汽式汽轮机11的低温饱和蒸汽经低温饱和蒸汽出口112、第四管路34、发生器51的蒸汽进口511进入发生器51中,与发生器51中的制冷剂溶液进行间接热交换放热后,经疏水泵56、第一热泵系统管路61输出,输出的冷凝水经第三管路33输出。

[0044] 其中,第一蒸发器54的循环水进口543为热泵系统17的循环水进口173,第一蒸发器54的循环水出口544为热泵系统17的循环水出口174。从第二循环管路42输出的余热水一部分回到冷却塔18中,另一部分进入第一蒸发器54的循环水进口543中,形成循环水的一部分,经第一蒸发器54放热后从第一蒸发器54的循环水出口544、第五循环管路45输出,从第五循环管路45输出的循环水与从冷却塔18输出的冷水汇合后经吸水井16、循环水泵15进入冷凝器13中,形成循环。

[0045] 实施例三

[0046] 本实施例是在实施例二的基础上,在发生器51的冷凝水出口512至疏水泵56之间段的第一热泵系统管路61上设置有储水罐510。在实际使用过程中,需要往热泵系统17中补充制冷剂时,可以在第一蒸发器54的制冷剂溶液出口546与第一工质泵57之间段的第九热泵系统管路69上设置有制冷剂储液罐520,通过往制冷剂储液罐520中加入制冷剂来实现热泵系统19中制冷剂补充目的,如图8所示。

[0047] 实施例四

[0048] 本实施例是在实施例一或实施例二或实施例三的基础上对ORC系统19展开赘述。

[0049] 如图9所示,本实施例中所述的ORC系统19的具体结构包括:第二蒸发器71、第二冷凝器72和储液罐73。在第二蒸发器71的热水进口711处连接有带热水泵74的第一ORC系统管路81,第一ORC系统管路81的进口为ORC系统19的热水进口192,第二蒸发器71的冷水出口712为ORC系统19的冷水出口191,第二蒸发器71的工质蒸汽出口713为ORC系统19的工质蒸汽出口193,第二蒸发器71的工质溶液进口714通过带第二工质泵75的第二ORC系统管路82与储液罐73的出口731连通,储液罐73的进口732通过第三ORC系统管路83与第二冷凝器72的工质出口721连通,第二冷凝器72的工质进口722为ORC系统19的工质液体进口194,第二冷凝器72采用空冷方式:在第二冷凝器72上设置有进风口723和出风口724,在第二冷凝器72的进风口723处连接有带风机76的第四ORC系统管路84,通过风机76将外界空气源源不断的输入至第二冷凝器72中,对进入第二冷凝器72中的工质溶液进行风冷降温。

[0050] 储液罐73中的液态工质经第二工质泵75升压进入第二蒸发器71中,液态工质在第二蒸发器71内进行定压吸热(该过程包括预热过程、等温蒸发过程和过热过程),变成具有一定温度、压力的过热蒸汽,即高温高压气态工质,高温高压气态工质进入膨胀机20做功,产生的乏气进入第二冷凝器72中完成等压冷凝过程(空冷),至此,系统完成一次循环。膨胀机20做功,将热量转换为机械功输出,机械功通过永磁电机21转化为电能,产生的电能可以全部并入电网,或者部分并入电网,部分用做其他用途。

[0051] 如下表1,表2、表3分别给出了凝汽式汽轮机11、凝汽器13、冷却塔18的相关参数。

没有设置循环水余热系统前,由于凝汽器13内不凝结气体的存在,及夏季高温,导致凝汽器13的真空度降低,循环水出口温度升高。夏季平均温度为35℃,最高为43.2℃,通过冷却塔18的冷却,加大了循环水的蒸发量,导致补水量增多,夏季达到4.2万吨/天,限负荷情况增多。

[0052] 表1凝汽式汽轮机相关参数表

[0053]	名称	相关参数
	型号机组	N600-16.77/538/538
	机组形式	亚临界、冷凝式
	功率	额定:600MW
	转速	3000r/min
	排气压力	4.9kPa

[0054] 表2凝汽器相关参数表

[0055]	名称	相关参数
	型号	N-38000-4型
	型式	双壳体、双背压、双进双出
	冷却面积	38000m ²
	冷却水量	69680t/h
	平均背压	0.0049MPa
	冷却水温	20℃ (最高33℃)
	凝结水泵流量	1721.3m ³ /h

[0056] 表3冷却塔相关参数表

[0057]	名称	相关参数
	冷却面积	6500m ²
	塔高	132.5m
	进塔水温	39.91℃
	出塔水温	29.89℃

[0058] 表4热泵系统的相关性能参数表

[0059]		名称	相关参数
	热水	入口温度	50℃
		出口温度	81℃
		流量	1667t/h
	余热水	入口温度	35℃
		出口温度	29℃
		流量	3667t/h
	饱和蒸汽	饱和蒸汽量	52439.8kg/h
		入口压力	0.35MPa
		凝水温度	85℃
	COP		1.7

[0060] 表5以R123为工质的联合循环相关参数表

[0061]	热泵进 口温度 (℃)	热泵出 口温度 (℃)	热量 (KJ/h)	R123 流 量 (Kg/h)	效率 (%)	发电量 (MW/h)	年发电 量 (MW)	发电效 率 (%)
	50	81	2.16x10 ⁸	1147737	5.6	3.393	23751	0.57

[0062] 以表4、表5相关参数为例：以上年发电量为南方一年运行7000h计算。发电效率为系统发电量与电厂发电量的比值。膨胀机的机械效率取0.75。

[0063] 经济效益：全年节省标准煤53120t，按每吨标煤1000元，共节省53120000元。减少循环水蒸发量200万t，共节省200万元。其中锅炉效率按55%计算。

[0064] 由以上计算数据可见，此联合循环可以有效降低凝汽器13入口循环水温度，提升凝汽器13的真空度，节约水资源的消耗，增加额外发电量。在节约自然资源的同时，经济效益显著。

[0065] 以上所述仅是本发明的较佳实施例，并非是对本发明作任何其他形式的限制，而依据本发明的技术实质所作的任何修改或等同变化，仍属于本发明要求保护的范围。

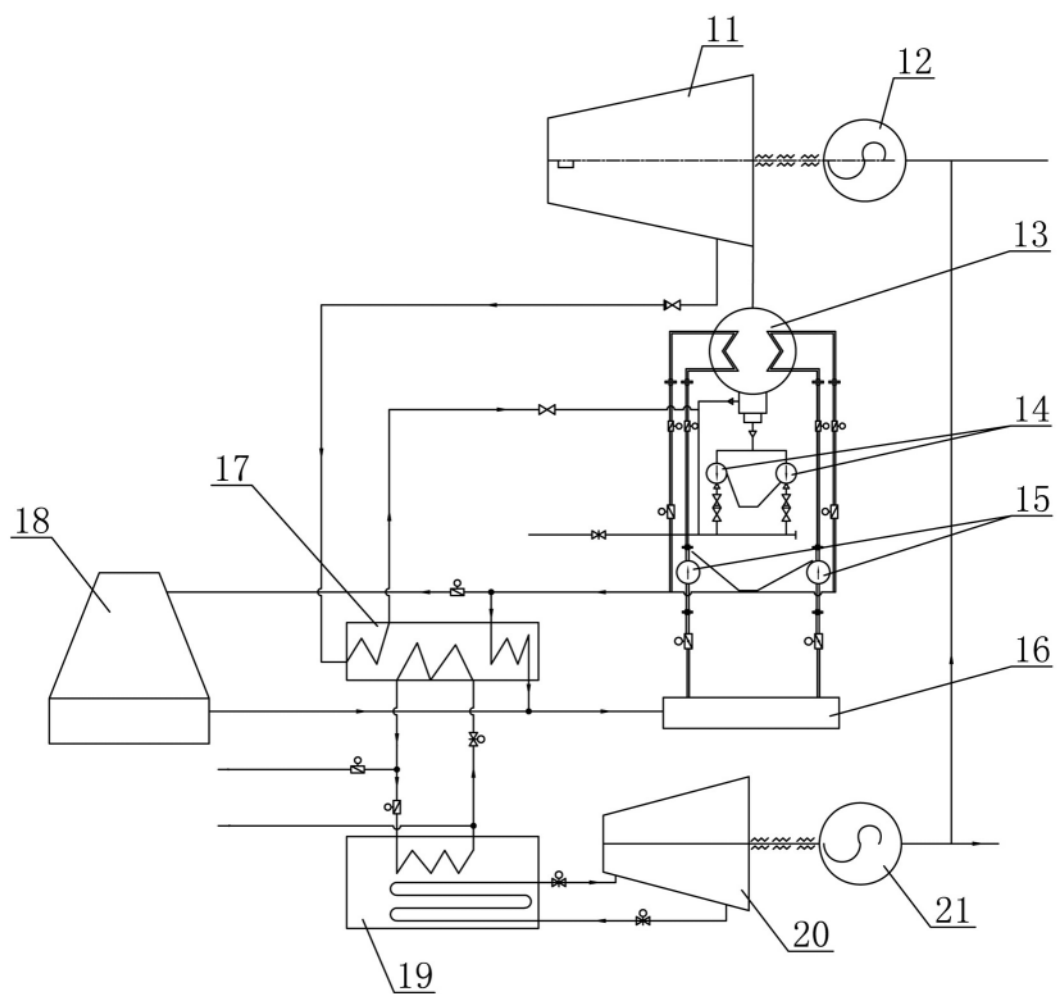


图1

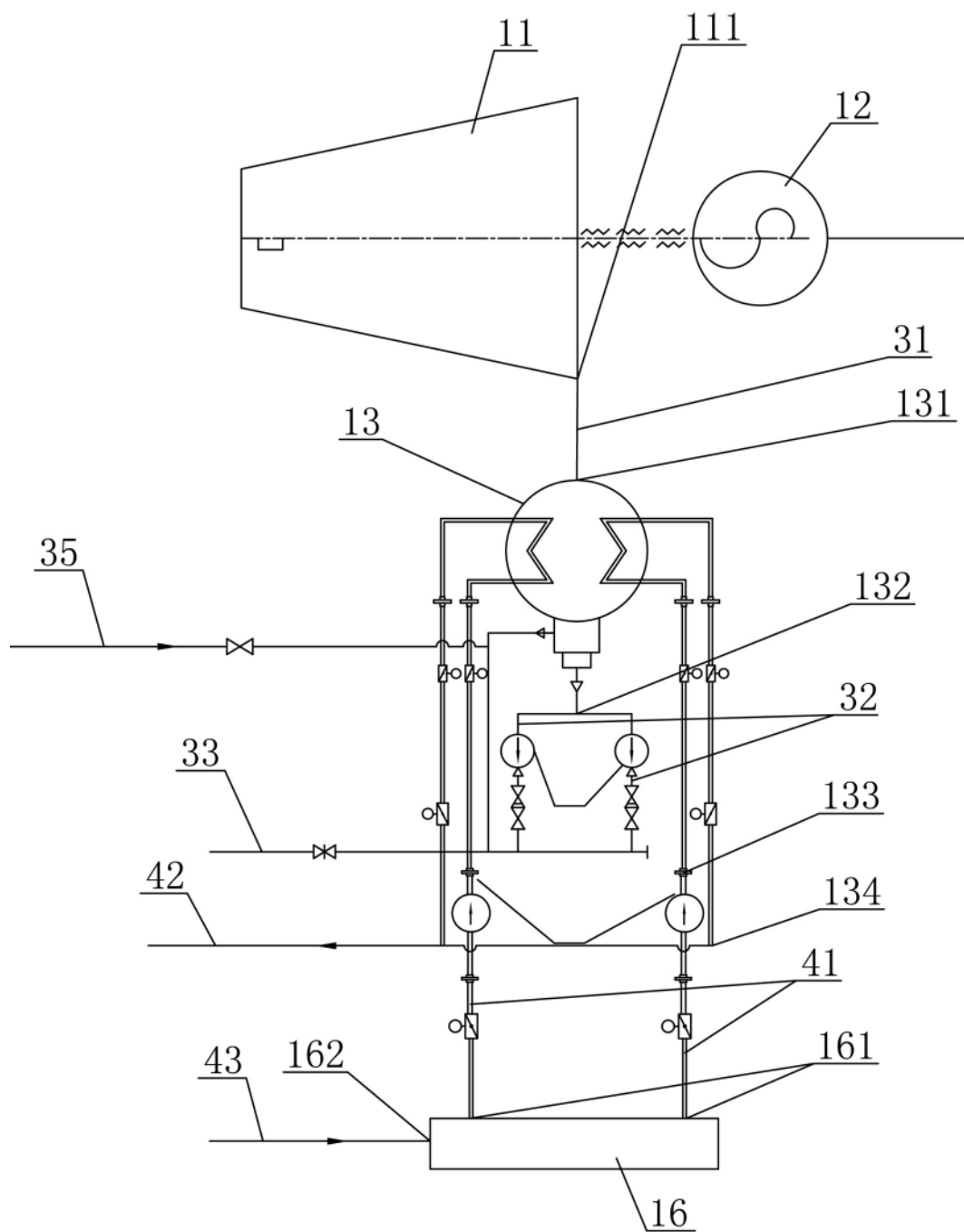


图2

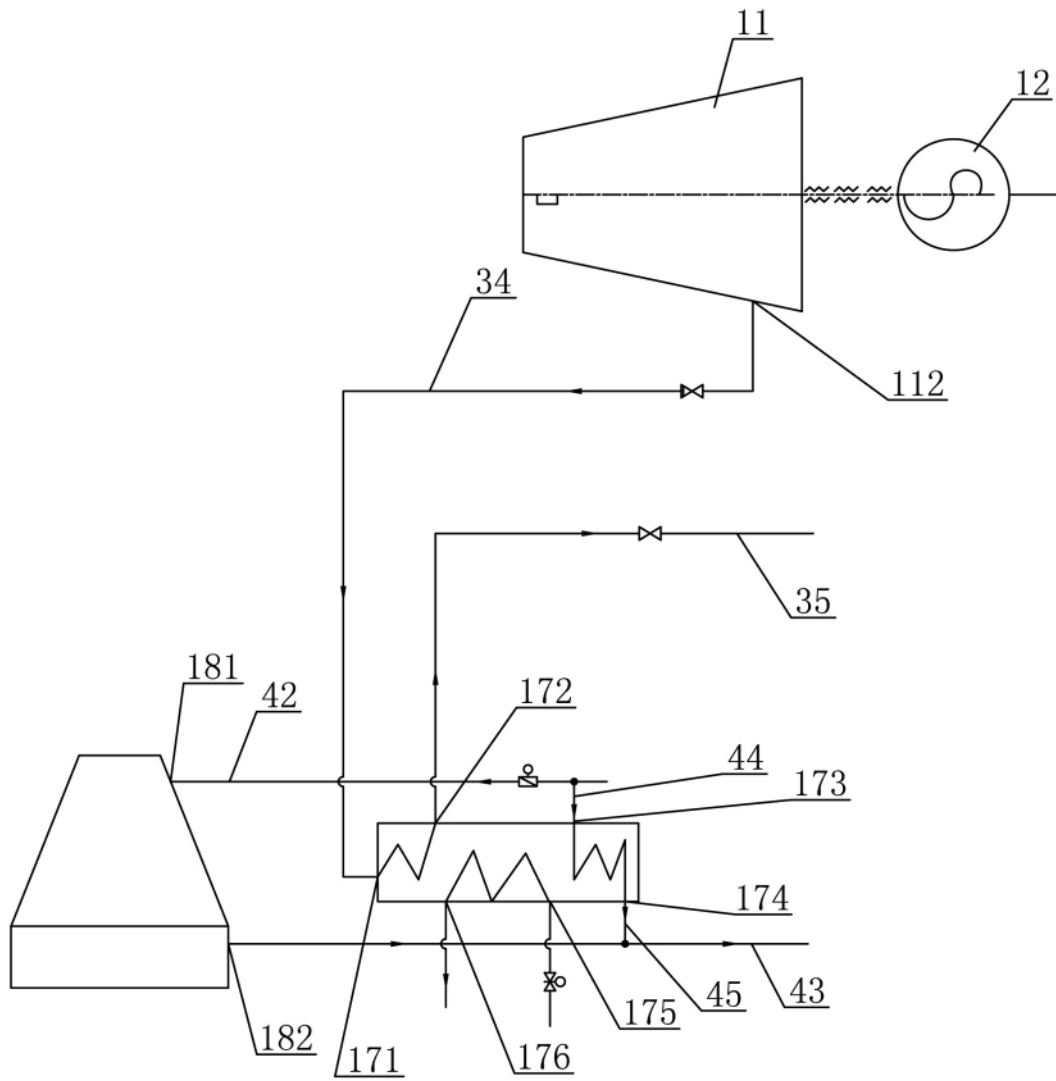


图3

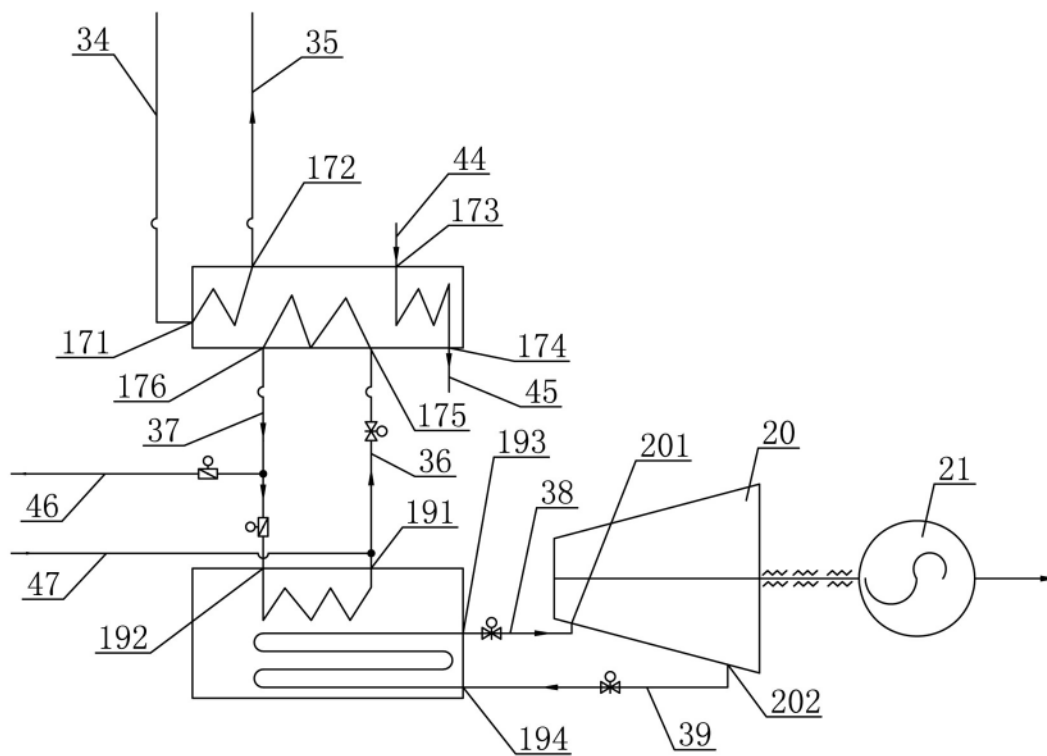


图4

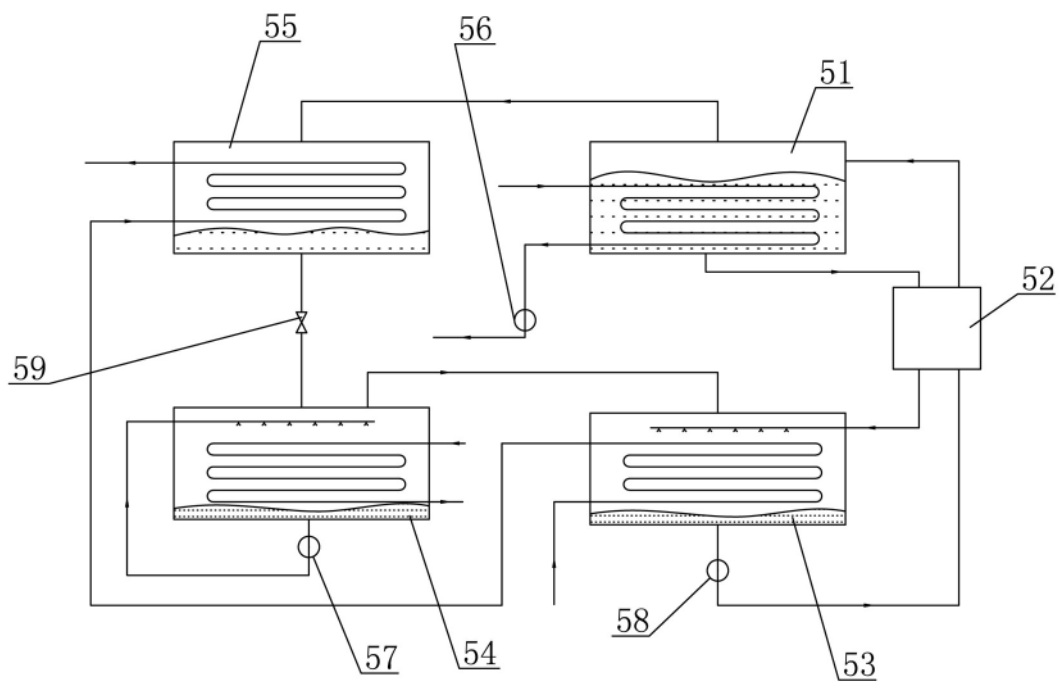


图5

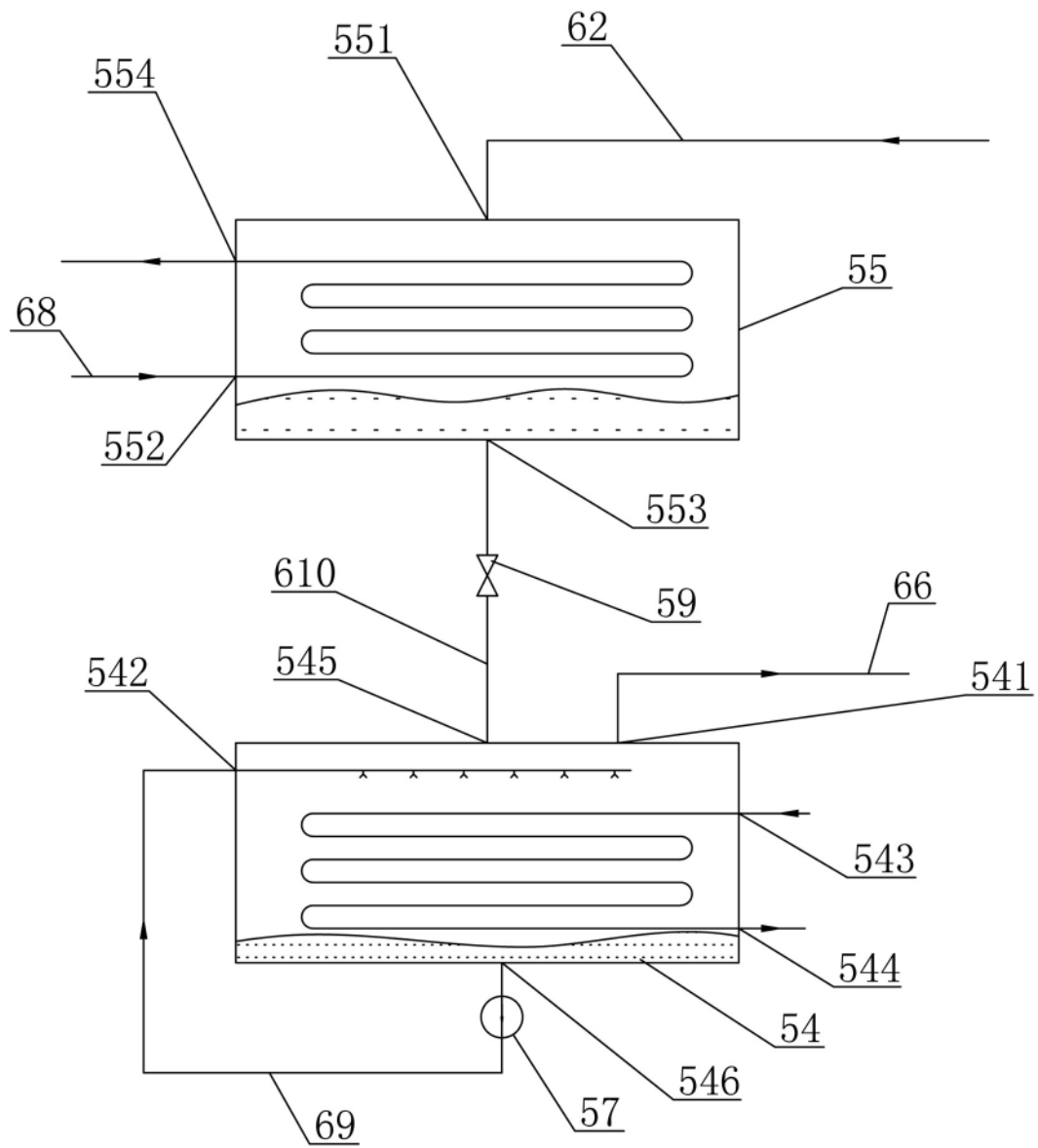


图6

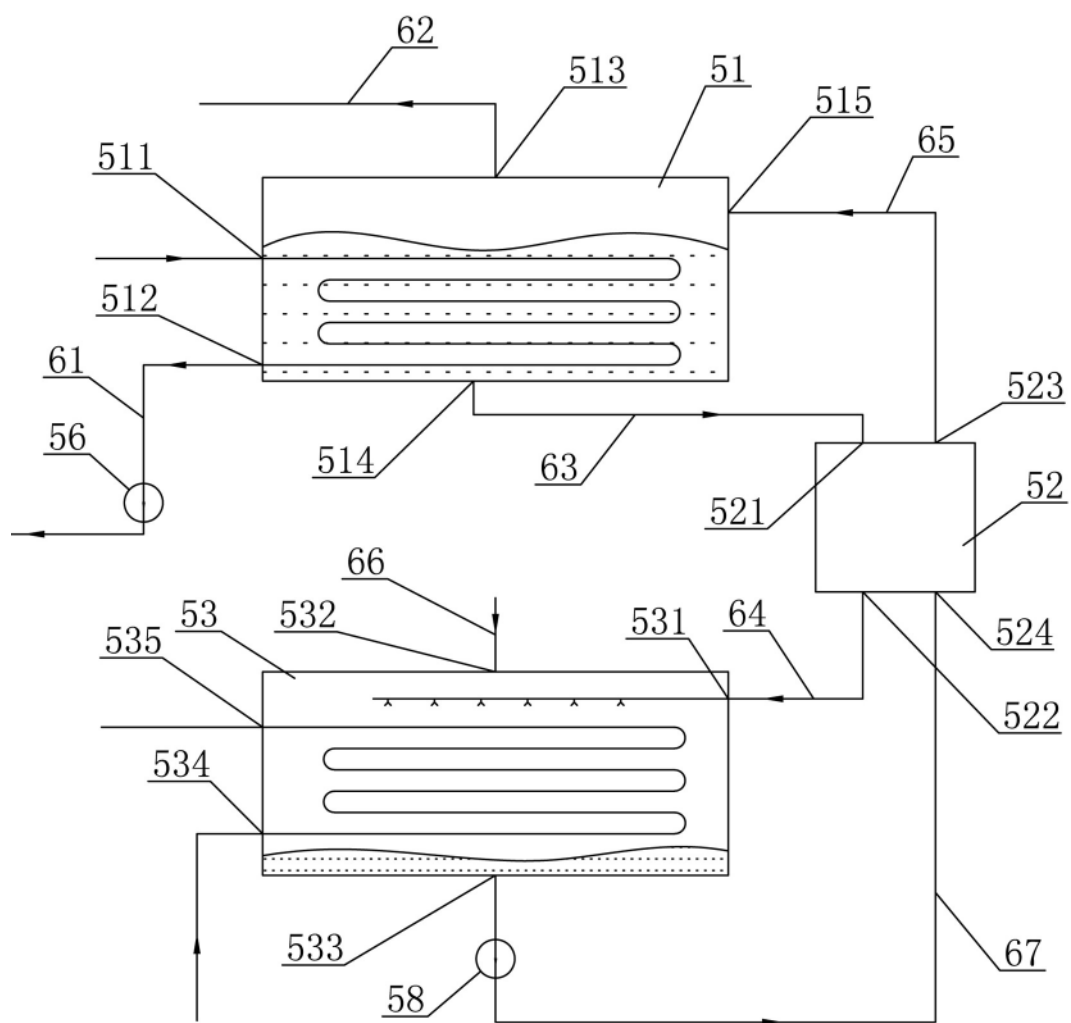


图7

