



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104121046 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 29

(21) 申请号 201410331353. X

(22) 申请日 2014. 07. 11

(71) 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38 号

(72) 发明人 何一坚 张吉 张胜 李炜恒
李佳碧 陈光明

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224

代理人 胡红娟

(51) Int. Cl.

F01K 11/02 (2006. 01)

F01D 15/10 (2006. 01)

F22D 11/06 (2006. 01)

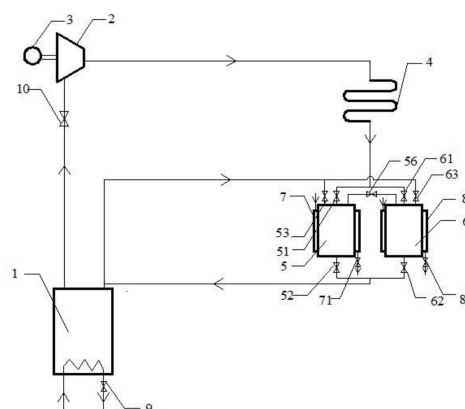
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种无泵式有机朗肯发电循环方法和装置

(57) 摘要

本发明公开了一种无泵式有机朗肯发电循环方法和装置,利用锅炉产生的高温高压工质蒸气对液体工质进行加压并完成输送后,对下一循环要输送的液体工质进行预加压,充分利用高温高压工质蒸气的能量,提高了系统的发电效率。装置包括锅炉、膨胀机、发电机、冷凝器以及储液装置,储液装置为至少两台并联的相匹配的储液罐,每个储液罐分别通过控制阀与锅炉、冷凝器及相匹配的其他储液罐连通;锅炉依次与膨胀机、发电机、冷凝器以及储液装置串联组成回路,膨胀机内蒸气膨胀做功,带动发电机发电。该装置实现系统的无泵循环,运动部件减少,运行性能更稳定可靠;系统能量利用更加经济、合理,并减少了冷却水的热负荷,净发电效率得到很大提高。



1. 一种无泵式有机朗肯发电循环方法,包括循环进行的以下步骤:

液体工质在锅炉中加热后得到高温高压的气体,之后进入膨胀机内膨胀做功,带动发电机发电,做完功的气体经膨胀机的出口流入冷凝器中冷凝放热得到冷凝液,冷凝液作为液体工质靠重力进入锅炉;

其特征在于,液体工质靠重力进入锅炉时通过至少两个并联的相匹配的储液罐交替进行,相匹配的储液罐之间以及与锅炉之间经过阀门控制可相连通或隔离,储液罐内的液体工质在经锅炉产生的气体加压至满足锅炉进液的压力要求前,先经相匹配的另一储液罐中给锅炉输液后残余的工质蒸气预加压。

2. 如权利要求1所述的无泵式有机朗肯发电循环方法,其特征在于,相匹配的储液罐中,每个储液罐均循环进行储液、预加压、加压、输液和排气、冷却降压;

储液时,储液罐接收液体工质;

预加压时,储液罐在储液结束后接收来自相匹配的储液罐中给锅炉输液后残余的工质蒸气;

加压时,储液罐经过预加压后接受来自锅炉内的一部分气体加压,直到满足压力和锅炉进液的压力要求;

输液时,储液罐经过加压的液体工质在重力作用下进入锅炉,储液罐同时接收来自锅炉的一部分气体用以平衡压力;

排气时,将储液罐中的残余的工质蒸气输出至相匹配的另一储液罐中,给该相匹配的另一储液罐中的液体工质进行预加压;

冷却降压时,对排气后的储液罐内残余的气体进行降温,直到满足下一循环储液时的压力要求。

3. 如权利要求2所述的无泵式有机朗肯发电循环方法,其特征在于,做完功的气体通过冷凝器进行冷凝放热,储液罐冷却降压时,该储液罐中残余的气体通向所述冷凝器或利用辅助冷凝器换热降温。

4. 一种无泵式有机朗肯发电循环装置,包括锅炉、膨胀机、发电机、冷凝器以及储液装置,所述膨胀机的入口与锅炉的蒸气出口相连,膨胀机的出口与冷凝器的入口相连,膨胀机内蒸气膨胀做功,带动发电机发电;其特征在于,所述储液装置包括相互并联的两个储液罐,每个储液罐分别带有如下接口,且各接口均带有控制阀:

液相入口,与冷凝器的出口连通;

液相出口,与锅炉的液相入口连通;

气相口,与锅炉的蒸气出口及相匹配的其他储液罐的气相口连通;

所述冷凝器、储液装置和发生器,三者设置的高度依次降低。

5. 如权利要求4所述的无泵式有机朗肯发电循环装置,其特征在于,所述气相口包括:

气相入口,与锅炉的蒸气出口连通;

气相连通口,与相匹配的其他储液罐的气相连通口连通。

6. 如权利要求5所述的无泵式有机朗肯发电循环装置,其特征在于,所述气相口还包括:气相出口,该气相出口与冷凝器的入口连通。

7. 如权利要求6所述的无泵式有机朗肯发电循环装置,其特征在于,所述冷凝器包括主冷凝器和辅助冷凝器,所述主冷凝器的入口与膨胀机的出口相连,主冷凝器出口与储液

罐的液相入口相连。

8. 如权利要求 7 所述的无泵式有机朗肯发电循环装置,其特征在于,所述辅助冷凝器为独立布置式或者为储液罐外的冷却水套,独立布置的辅助冷凝器入口与储液罐气相出口相连,独立布置的辅助冷凝器出口与储液罐的液相入口相连。

9. 如权利要求 6 所述的无泵式有机朗肯发电循环装置,其特征在于,所述储液罐为两台,所述冷凝器的出口、锅炉的蒸气出口、两台储液罐的气相入口通过切换阀相连。

10. 如权利要求 4 ~ 9 任一项所述的无泵式有机朗肯发电循环装置,其特征在于,所述液体工质为 R134a、R142b、R123、R152a、R1234yf、R1234ze、R318、R718、R744、R500、R502 或 R410A。

一种无泵式有机朗肯发电循环方法和装置

技术领域

[0001] 本发明属于有机朗肯循环发电领域,尤其是涉及一种无泵式有机朗肯发电循环方法以及实现该方法的装置。

背景技术

[0002] 目前我国能源形势严峻,能效利用率低,温度低于 350℃ 的低温余热约占余热总量的 60%。例如在钢铁工业中,钢铁冶金余热总量达 15000 万 tce/a,而目前回收水平仅为 30%。在水泥工业中,随着新型干法水泥熟料技术在全国范围内的推广普及,水泥生产过程中存在大量 350 ~ 400℃ 以下的余热不能充分利用。这些排出、不加利用的热量不仅增加了企业的生产成本,造成能源的浪费,而且会对环境造成严重污染。有机朗肯循环系统可将低品位热能转化为电能,提高了能源的总利用率,因此受到越来越多的关注。

[0003] 常规的朗肯循环系统以水-水蒸汽作为工质,工质在热力设备中不断进行等压加热、绝热膨胀、等压放热和绝热压缩 4 个过程,将高温高压水蒸汽的热能转化为机械能进而转化为电能。有机朗肯循环与常规的蒸汽朗肯循环类似,只是采用的是低沸点有机物作为工质。该循环系统由锅炉、膨胀机、冷凝器、工质泵、发电机组成。工质在锅炉中从低温热源中吸收热量产生有机蒸气,进而推动膨胀机旋转,带动发电机发电,在膨胀机中做完功的乏气进入冷凝器中重新冷却为液体,由工质泵输入到锅炉,完成一个循环。

[0004] 不同于火力发电站中的大型汽轮机,有机朗肯循环中的膨胀机效率相对较低。现有低品位热驱动朗肯发电装置常需要依靠工质泵将工作流体从冷凝器输送到锅炉,膨胀机发出的电能有很大部分被工质泵所消耗。同时,由于有机朗肯循环的热源温度较低,特别是对于中小型的有机朗肯循环发电系统,由于工质循环的量较小,输送工质的工质泵与系统不易匹配,泵的效率低、耗电多,系统输出的净功低下。

[0005] 为提高低品位热驱动朗肯发电装置的净输出效率,公告号为 CN101943036A 的专利文献公开了一种微泵功低品位热驱动朗肯发电装置,包括流体输运单元和膨胀做功单元,流体输运单元包括冷凝器、流体泵、储液装置、锅炉;膨胀做功单元包括汽轮机和发电机,储液装置包括储液罐以及储液罐出入口处的流体截止装置,各单元通过管路相连,储液装置内的流体流入锅炉内被低品位热加热产生蒸气,蒸气进入汽轮机膨胀做功,带动发电机发电。该装置仅需克服流体在管道内流动的阻力,泵功消耗减少,发电装置的净发电效率得到提高。

[0006] 上述系统中为满足下一循环储液时的压力,当储液罐完成为液体工质输送后,其中的残余的高温高压工质蒸气未经利用进入到冷凝器冷凝成低压液体,高温高压工质蒸气的能量未得到充分利用,降低了系统的发电效率;而且高温高压工质蒸气对冷凝压力造成影响。

[0007] 另外上述系统中的泵仍需要消耗一定电能,而且由于其为运动部件,一定程度上会降低系统运行的稳定性,约束了有机朗肯循环发电装置的适用范围,同时增大初期投资。

发明内容

[0008] 本发明提供一种无泵式有机朗肯发电循环方法, 锅炉产生的高温高压工质蒸气对液体工质进行加压并完成输送后, 对下一循环要输送的液体工质进行预加压, 充分利用高温高压工质蒸气的能量, 提高了系统的发电效率。

[0009] 本发明同时提供无泵式有机朗肯发电循环装置, 该装置实现系统的无泵循环, 运动部件减少, 运行性能更稳定可靠; 系统能量利用更加经济、合理, 发电装置的净发电效率得到很大的提高。

[0010] 一种无泵式有机朗肯发电循环方法, 包括循环进行的以下步骤:

[0011] 液体工质在锅炉中加热后得到高温高压的气体, 之后进入膨胀机内膨胀做功, 带动发电机发电, 做完功的气体经膨胀机的出口流入冷凝器中冷凝放热得到冷凝液, 冷凝液作为液体工质靠重力进入锅炉;

[0012] 液体工质靠重力进入锅炉时通过至少两个并联的相匹配的储液罐交替进行, 相匹配的储液罐之间以及与锅炉之间经过阀门控制可相连通或隔离, 储液罐内的液体工质在经锅炉产生的气体加压至满足锅炉进液的压力要求前, 先经相匹配的另一储液罐中给锅炉输液后残余的工质蒸气预加压。

[0013] 本发明方法利用锅炉产生的高温高压工质蒸气对液体工质进行加压, 液体工质靠重力进入锅炉, 实现了从低压的冷凝器向高压的锅炉输送流体; 之后储液罐内残余的高温高压工质蒸气, 对下一循环要输送的液体工质进行预加压, 高温高压工质蒸气的能量得到充分利用。

[0014] 其中, 液体工质在锅炉中加热后生成的气体, 其温度、压力由发电系统要求的锅炉温度决定, 无过热现象时, 即为发生温度下工质的饱和温度和压力。一般无过热现象, 可以通过锅炉内部结构的具体设计控制工质蒸气不过热。

[0015] 所述相匹配的储液罐中, 每个储液罐均循环进行储液、预加压、加压、输液和排气、冷却降压;

[0016] 储液时, 储液罐接收液体工质;

[0017] 预加压时, 储液罐在储液结束后接收来自相匹配的储液罐中给锅炉输液后残余的工质蒸气;

[0018] 加压时, 储液罐经过预加压后接受来自锅炉内的一部分气体加压, 直到满足压力和锅炉进液的压力要求; 锅炉的进液压力要求储液罐内的液体工质的压力等于或者略低于锅炉内的液体工质的压力。当储液罐内的液体工质压力略低于锅炉内的液体工质压力就停止加压时, 要求储液罐在垂直方向上高于锅炉的高度到达足够使储液罐内的液体工质进入锅炉。

[0019] 输液时, 储液罐经过加压的液体工质在重力作用下进入锅炉, 储液罐同时接收来自锅炉的一部分气体用以平衡压力;

[0020] 排气时, 将储液罐中的残余的工质蒸气输出至相匹配的另一储液罐中, 给该相匹配的另一储液罐中的液体工质进行预加压;

[0021] 冷却降压时, 对排气后的储液罐内残余的气体进行降温, 直到满足下一循环储液时的压力要求。该压力不高于冷凝器出液压力, 在略高于冷凝器出液压力时, 要求冷凝器与储液罐的垂直高度差足够大以至于冷凝器可以顺利出液, 优选与冷凝器出液压力相同。

[0022] 做完功的气体通过冷凝器进行冷凝放热,储液罐冷却降压时,该储液罐中残余的气体通向所述冷凝器或利用辅助冷凝器换热降温。

[0023] 相匹配的储液罐可以是两个或多个,彼此之间是要在预加压以及排气时能够定向连通实现能量回收,定向连通可以利用现有管路控制方法,通过匹配相应的阀门来实现。作为一种实施方式,所述辅助冷凝器为单独布置的冷凝器。作为另一种实施方式,所述辅助冷凝器为储液罐外的冷却水套。

[0024] 为了实现本发明方法,本发明还提供了一种无泵式有机朗肯发电循环装置,包括锅炉、膨胀机、发电机、冷凝器以及储液装置,所述膨胀机的入口与锅炉的蒸气出口相连,膨胀机的出口与冷凝器的入口相连,膨胀机内蒸气膨胀做功,带动发电机发电;所述储液装置包括相互并联的两个储液罐,每个储液罐分别带有如下接口,且各接口均带有控制阀:

[0025] 液相入口,与冷凝器的出口连通;

[0026] 液相出口,与锅炉的液相入口连通;

[0027] 气相口,与锅炉的蒸气出口及相匹配的其他储液罐的气相口连通;

[0028] 所述冷凝器、储液装置和发生器,三者设置的高度依次降低。

[0029] 由于与所述气相口连接的控制点有多个,因此气相口可以是设置在储液罐上的单一接口,由该单一接口经管路引出后再通过阀门分多路控制;气相口也可以是设置在储液罐上的多个接口,各接口分别通过匹配的阀门进行控制,具体设置可以根据需要而定。

[0030] 例如在设置多个接口时,所述气相口包括:

[0031] 气相入口,与锅炉的蒸气出口连通;

[0032] 气相连通口,与相匹配的其他储液罐的气相连通口连通。

[0033] 由于储液罐的液相入口以及气相入口均位于储液罐的顶部,因此在适宜的阀门的匹配下,液相入口和气相入口可以合并,通过阀门可以达到在不同阶段择一的通过气体或液体。

[0034] 作为优选,为了便于控制所述储液罐为两台,所述冷凝器的出口、锅炉的蒸气出口、两台储液罐的气相入口通过切换阀相连。此时,储液罐的气相入口和液相入口在切换阀后合并为同一通道,通过切换阀选择气体或液体通过。

[0035] 储液罐在冷却降压时,为了对排气后的储液罐内残余的气体进行降温,可以利用冷凝器。为了避免储液罐内残余气体对冷凝器冷凝压力的影响,所述冷凝器包括主冷凝器和辅助冷凝器,所述主冷凝器的入口与膨胀机的出口相连,主冷凝器出口与储液罐的液相入口相连。其中辅助冷凝器主要用于冷却残余的气体。

[0036] 所述辅助冷凝器为独立布置式或者为储液罐外的冷却水套,独立布置的辅助冷凝器入口与储液罐的气相出口相连,独立布置的辅助冷凝器出口与储液罐的液相入口相连。

[0037] 为了与独立布置的辅助冷凝器相匹配,所述气相口还包括:气相出口,该气相出口与冷凝器的入口连通。

[0038] 以下以两台储液罐为例,说明本发明发电循环装置的工质的工作流程,具体如下:将本发明无泵式有机朗肯发电循环装置的一个循环周期分为做功阶段和非做功阶段。

[0039] 做功阶段 t_1 , 锅炉能量输入控制阀、膨胀机入口控制阀、第二储液罐液相入口控制阀均打开,第一储液罐液相入口控制阀、两储液罐液相出口控制阀、两储液罐气相口均关闭。液体工质在锅炉中被外部热源加热后成为高压气体,锅炉中的高温高压蒸气经锅炉出口进

入膨胀机中做功,带动发电机发电,做完功的蒸气经膨胀机的出口流入冷凝器中,冷凝放热后得到的冷凝液作为液体工质经第二储液罐的液相入口控制阀流入第二储液罐中。

[0040] 非做功阶段 t_2 ,两储液罐气相口打开,第二储液罐液相入口控制阀、膨胀机入口控制阀关闭。第一储液罐中在上一个周期内残余下来的高温高压工质蒸气给第二储液罐内的液体工质进行预加压。

[0041] 非做功阶段 t_3 ,第一储液罐气相口控制阀关闭,锅炉供给第二储液罐高温高压工质蒸气,使液体工质继续加压,至第二储液罐内的压力与满足锅炉进液的压力要求;同时将第一储液罐中残余的气体通向冷凝器或利用辅助冷凝器换热降温,将第一储液罐内的压力将至冷凝压力。

[0042] 非做功阶段 t_4 ,第二储液罐液相出口控制阀打开,第二储液罐内的液体工质在重力作用下流进锅炉。

[0043] 如此,一个周期循环完成。在下一周期,液体工质将从冷凝器中流入第一储液罐中,而第二储液罐中的残留的高温高压工质蒸气在非做功阶段 t_2 给第一储液罐内的液体工质进行预加压。一个周期内的 t_1 、 t_3 、 t_4 的时间分配要求满足热能的持续稳定输入。 t_2 的取值在满足预加压充分进行的前提下,应使得做功阶段和非做功阶段的时间相等,以便于实现系统的自动控制。

[0044] 所述冷凝器的出口、锅炉的蒸气出口、两台储液罐的气相入口通过四通切换阀相连或者通过多个二通阀门切换。

[0045] 所述锅炉为 1 个时,系统间歇性做功。所述锅炉为 2 个或 2 个以上时,锅炉交替工作,系统连续做功。当有多个锅炉时,每个锅炉带匹配 1 个储液罐或多个储液罐。当每个锅炉匹配多个储液罐时,与同一个锅炉匹配的储液罐交替地给彼此预加压。当每个锅炉匹配 1 个储液罐时,与不同锅炉匹配的储液罐交替地给彼此预加压。作为优选,当系统需要间歇地进行做功时,系统只含 1 个锅炉和 2 个储液罐,锅炉与储液罐串联,2 个储液罐并联;当系统需要连续地进行做功时,系统含 2 个锅炉,每个锅炉匹配 1 个储液罐,相匹配的储液罐和锅炉串联,2 个锅炉并联,2 个储液罐并联。

[0046] 所述锅炉的驱动热源为太阳能、废热或地热能。

[0047] 所述控制阀为自动阀门或手动阀门。

[0048] 就内部结构而言,所述主冷凝器、辅助冷凝器各自独立为浮头式、固定管板式、U 形管板式、板式、套管式或者管壳式。

[0049] 所述液体工质可以为:

[0050] 氟利昂,如四氯乙烷 (R134a)、二氟一氯乙烷 (R142b)、三氟二氯乙烷 (R123)、二氟乙烷 (R152a)、2, 3, 3, 3- 四氟丙烯 (R1234yf)、Trans-1, 3, 3, 3- 四氟丙烯 (R1234ze);

[0051] 环状有机物,如八氟环丁烷 (R318);

[0052] 无机物,如水 (R718)、二氧化碳 (R744);

[0053] 混合制冷剂,如 R500、R502、R410A。

[0054] 本发明无泵式有机朗肯发电循环方法,利用锅炉产生的高温高压工质蒸气对液体工质进行加压并完成输送后,对下一循环要输送的液体工质进行预加压,充分利用高温高压工质蒸气的能量,使得系统的发电效率提高。

[0055] 本发明无泵式有机朗肯发电循环装置,利用上述循环方法,可显著地减少了整个

系统的冷却水的热负荷,使得系统运行更加稳定可靠,系统能量利用更加经济、合理;实现了系统的无泵循环,运动部件减少,运行性能更稳定可靠;利用低品位热能为驱动能源,节能环保。

附图说明

[0056] 图 1 为本发明无泵式有机朗肯发电循环装置的系统流程图;

[0057] 图 2 为本发明另一种实施方式的系统流程图;

[0058] 图 3 为上述装置储液罐内初始加压最佳气液比 i 随锅炉温度 T_g 变化趋势图。

具体实施方式

[0059] 实施例 1

[0060] 如图 1 所示,本实施例无泵式有机朗肯发电循环装置采用四氯乙烷 (R134a) 为循环工质,具体包括锅炉 1、膨胀机 2、发电机 3、冷凝器 4 以及储液装置;储液装置包括相互并联第一储液罐 5 和第二储液罐 6,每个储液罐分别带有如下接口,且各接口均带有控制阀:

[0061] 液相入口,分别经第一储液罐 5 的液相入口控制阀 51、第二储液罐 6 的液相入口控制阀 61 与冷凝器 4 的出口连通;

[0062] 液相出口,分别经第一储液罐 5 的液相出口控制阀 52、第二储液罐 6 的液相出口控制阀 62 与锅炉 1 的液相入口连通;

[0063] 气相口,第一储液罐 5 的气相口经控制阀 53 与锅炉 1 的蒸气出口连通;第二储液罐 6 的气相口经控制阀 63 与锅炉 1 的蒸气出口连通。第一储液罐 5 的气相连通口和第二储液罐 6 的气相连通口经控制阀 56 连通。

[0064] 第一储液罐 5 和第二储液罐 6 外分别带有冷却套管 7、冷却套管 8。

[0065] 膨胀机 2 的入口与锅炉 1 的蒸气出口相连,膨胀机 2 的出口与冷凝器 4 的入口相连,膨胀机 2 内蒸气膨胀做功,带动发电机 3 发电。

[0066] 其中,所述冷凝器 4、储液装置和发生器 1,三者设置的高度依次降低。

[0067] 本实施例中工质的工作流程如下:

[0068] 本发明无泵式有机朗肯发电循环系统的一个循环周期可分为做功阶段和非做功阶段。

[0069] 做功阶段 t_1 ,锅炉 1 能量输入控制阀 9、膨胀机入口控制阀 10、第二储液罐液相入口控制阀 61 均打开,第一储液罐 5 液相入口控制阀 51、两储液罐液相出口控制阀 52 和控制阀 62、两储液罐气相口控制阀 53 和控制阀 63、两储液罐气相连通口控制阀 56、两冷却套管控制阀 71 和控制阀 81 均关闭。液体工质在锅炉 1 中被外部热源加热后成为高压气体,锅炉 1 中的高温高压蒸气经锅炉 1 出口进入膨胀机 2 中做功,带动发电机 3 发电,做完功的蒸气经膨胀机 3 的出口流入冷凝器 4 中,冷凝放热后得到的冷凝液作为液体工质经第二储液罐 6 的液相入口控制阀 61 流入第二储液罐 6 中。

[0070] 非做功阶段 t_2 ,两储液罐气相连通口控制阀 56 打开,第二储液罐 6 液相入口控制阀 61、膨胀机 2 入口控制阀 10 关闭。第一储液罐 5 中在上一个周期内残余下来的高温高压工质蒸气给第二储液罐 6 内的液体工质进行预加压。

[0071] 非做功阶段 t_3 ,两储液罐气相连通口控制阀 56 关闭,锅炉 1 供给第二储液罐 6 高

温高压工质蒸气,使液体工质继续加压,至第二储液罐 6 内的压力与锅炉 1 内的压力相同;同时冷却套管 7 的控制阀 71 打开,通入冷却水,将第一储液罐 5 内的压力将至冷凝压力。

[0072] 非做功阶段 t_4 ,第二储液罐 6 液相出口控制阀 62 打开,第二储液罐 6 内的液体工质在重力作用下流进锅炉 1。

[0073] 发电系统一个周期循环完成。在下一周期,液体工质将从冷凝器 4 中流入第一储液罐 5 中,而第二储液罐 6 中的残留的高温高压工质蒸气在非做功阶段 t_2 给第一储液罐 6 内的液体工质进行预加压。一个周期内的 t_1 、 t_3 、 t_4 的时间分配要求满足热能的持续稳定输入。 t_2 的取值在满足预加压充分进行的前提下,应使得做功阶段和非做功阶段的时间相等,以便于实现系统的自动控制。

[0074] 本实施例中,锅炉 1 的驱动热源为太阳能,控制阀均为自动阀门,冷凝器为管壳式换热器。

[0075] 实施例 2

[0076] 如图 2 所示,冷凝器 4 的出口、锅炉 1 的蒸气出口、两台储液罐的气相入口通过四通阀 11(切换阀)相连,两台储液罐通过控制阀 12 连通。其他结构同实施例 1。

[0077] 本实施例中工质的工作流程如下:

[0078] 做功阶段 t_1 ,锅炉 1 能量输入控制阀 10、膨胀机 2 入口控制阀 11 打开,两储罐液相出口控制阀 52 和控制阀 62、两冷却套管控制阀 71 和控制阀 81 均关闭,四通阀 11 接通 I - IV 路,做功系统运行,冷凝器 4 流出的冷凝液作为液体工质流入第二储液罐 6。

[0079] 非做功阶段 t_2 ,控制阀 12 打开,膨胀机 2 入口控制阀 10 关闭,四通阀 11 关闭。第一储液罐 5 中在上一个周期内残余下来的高温高压工质蒸气给第二储液罐 6 内的液体工质进行预加压。

[0080] 非做功阶段 t_3 ,四通阀 11 接通 II - IV 路,控制阀 12 关闭,锅炉 1 供给第二储液罐 6 高温高压工质蒸气,使液体工质继续加压,至第二储液罐 6 内的压力与锅炉 1 内的压力相同;同时冷却套管 7 的控制阀 71 打开,通入冷却水,将第一储液罐 5 内的压力将至冷凝压力。

[0081] 非做功阶段 t_4 ,第二储液罐 6 液相出口控制阀 62 打开,冷却套管 7 的控制阀 71 关闭,第二储液罐 6 内的液体工质在重力作用下流进锅炉 1。

[0082] 发电系统一个周期循环完成。在下一周期,液体工质将从冷凝器 4 中流入第一储液罐 5 中,而第二储液罐 6 中的残留的高温高压工质蒸气在非做功阶段 t_2 给第一储液罐 5 内的液体工质进行预加压。

[0083] 本实施例工质的其余工作流程同实施例 1。

[0084] 应用例

[0085] 储液罐在接受锅炉内高温高压工质蒸气加压前,储液罐内不同的气液比 i (体积比),影响锅炉给储液罐输送高温高压工质蒸气的质量,从而影响系统的发电效率。当锅炉进液量一定时,储液罐内气液比 i 越小,则储液罐体积越大,储液罐完成液体工质输送后,残余的高温高压工质蒸气量越多,即浪费的能量越多。但当储液罐内气液比 i 过大时,加压完成后的液体工质会溢出储液罐,甚至在储液罐内压力仍小于锅炉内压力时,液体工质通过储液罐与锅炉的气相口连接管道倒流进入锅炉,扰乱系统运行。因此系统运行时,应控制储液罐内最佳气液比。当冷凝温度为 35°C ,锅炉温度在 $70 \sim 94^{\circ}\text{C}$ 时,储液罐内最佳气液比

i 随锅炉温度 T_g 变化如图 3 所示,最佳气液比 (体积比) 为 0.69 ~ 2.76 之间。

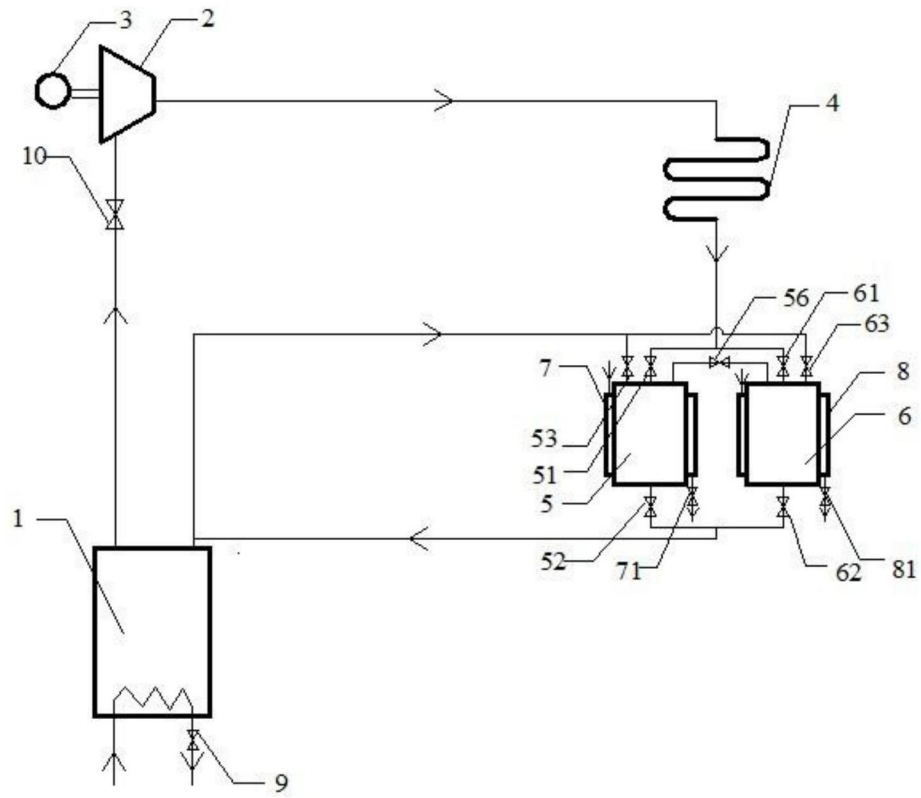


图 1

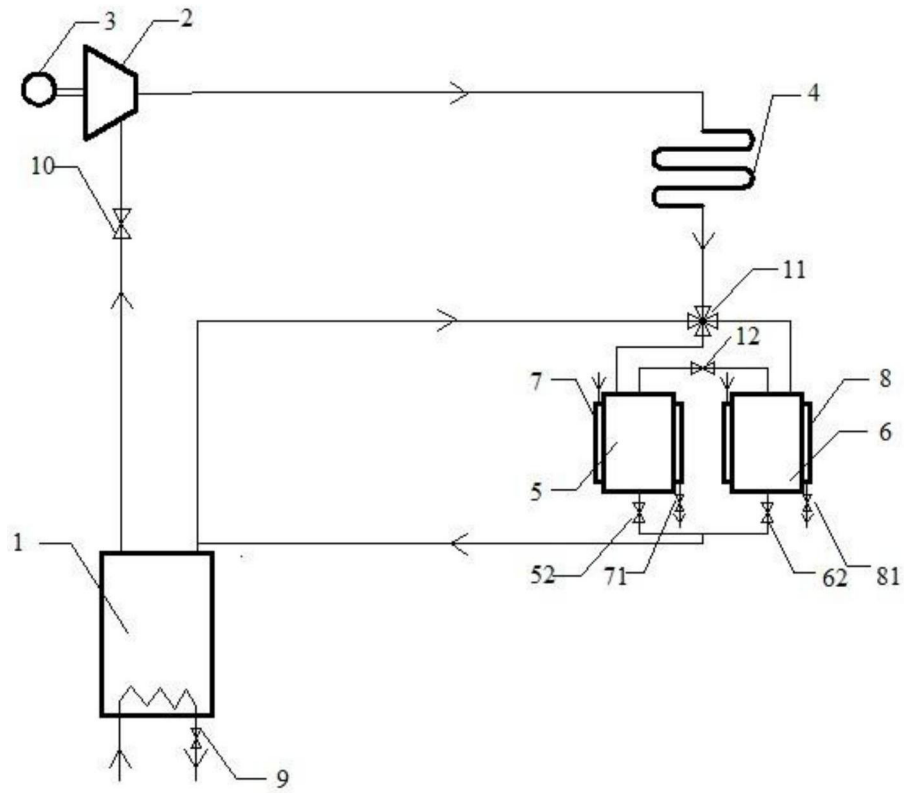


图 2

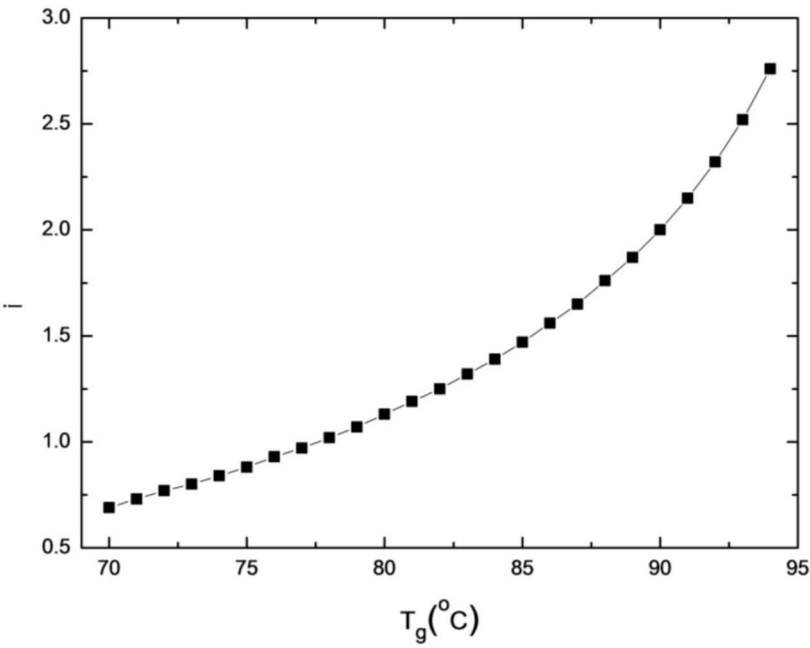


图 3