



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116242183 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 09

(21) 申请号 202310034259.7

F01D 15/10 (2006.01)

(22) 申请日 2023.01.10

(71) 申请人 西安热工研究院有限公司

地址 710048 陕西省西安市碑林区兴庆路
136号

(72) 发明人 高炜 张纯 姚明宇 李红智

乔永强 吴帅帅

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任

公司 61200

专利代理师 钱宇婧

(51) Int. Cl.

F28D 20/00 (2006.01)

F28F 27/00 (2006.01)

F01K 25/10 (2006.01)

F01K 11/02 (2006.01)

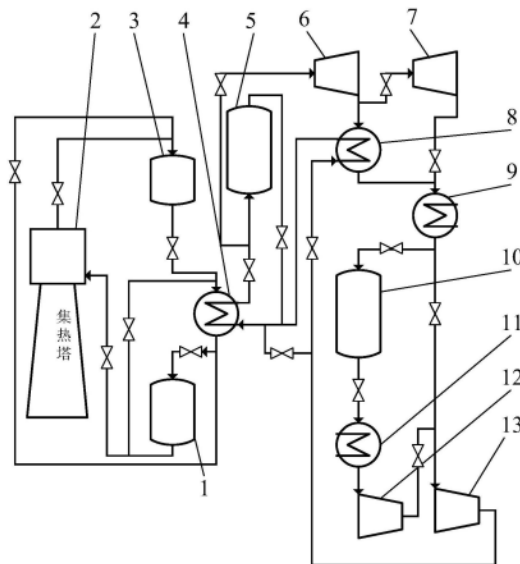
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统及其运行方法

(57) 摘要

本发明公开了一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统及其运行方法,该系统通过核心的低温熔盐储罐、太阳能吸热器、高温熔盐储罐、熔盐换热器、高温混合物储罐、透平、回热器、冷凝器、低温液体混合物储罐、蒸发器和压缩机实现了将液体压缩CO₂混合物储能与超临界CO₂混合物光热发电结合起来的综合储能。该系统不仅解决了传统压缩空气储能系统需要大量储存空间的缺陷,也避免了新一代液化压缩空气储能系统需要低温冷却的技术困难。



1. 一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统,其特征在于,包括低温熔盐储罐(1)、太阳能吸热器(2)、高温熔盐储罐(3)、熔盐换热器(4)、高温混合物储罐(5)、透平、回热器(8)、冷凝器(9)、低温液体混合物储罐(10)、蒸发器(11)和压缩机;

所述低温熔盐储罐(1)的出口分别和太阳能吸热器(2)的入口以及熔盐换热器(4)的熔盐侧入口连接;太阳能吸热器(2)的出口和高温熔盐储罐(3)的入口连接,低温熔盐储罐(1)的出口和高温熔盐储罐(3)的出口均和熔盐换热器(4)的熔盐侧入口连接,熔盐换热器(4)的熔盐侧出口分别和高温熔盐储罐(3)的入口和低温熔盐储罐(1)的入口连接;

所述熔盐换热器(4)的工质侧出口分别连接透平和高温混合物储罐(5),透平的出口分别和回热器(8)的热侧入口以及冷凝器(9)的入口连接,所述回热器(8)的热侧出口和冷凝器(9)的入口连接,所述回热器(8)冷侧出口和熔盐换热器(4)的工质入口连接;所述冷凝器(9)的出口分别和低温液体混合物储罐(10)以及压缩机连接,所述低温液体混合物储罐(10)的出口连接蒸发器(11),蒸发器(11)的出口和压缩机的入口连接,所述压缩机的出口和熔盐换热器(4)的工质入口连接。

2. 根据权利要求1一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统,其特征在于,所述透平包括依次连接的高压透平(6)和低压透平(7),高压透平(6)的入口和熔盐换热器(4)的工质侧出口连接,低压透平(7)的出口和冷凝器(9)的入口连接。

3. 根据权利要求2一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统,其特征在于,所述高压透平(6)的出口分别与回热器(8)的热侧入口以及低压透平(7)的入口连接。

4. 根据权利要求1一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统,其特征在于,所述压缩机的出口分别和回热器(8)的冷侧入口以及熔盐换热器(4)的工质侧入口连接。

5. 根据权利要求1一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统,其特征在于,所述高温混合物储罐(5)的出口和熔盐换热器(4)的工质侧入口连接。

6. 根据权利要求1一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统,其特征在于,所述压缩机包括依次连接的低压压缩机(12)和高压压缩机(13),所述低压压缩机(12)的入口和蒸发器(11)的出口连接,所述高压压缩机(13)的出口和熔盐换热器(4)的工质入口连接。

7. 根据权利要求1一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统,其特征在于,所述冷凝器(9)的出口和高压压缩机(13)的入口连接。

8. 一种权利要求1所述超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统的运行方法,其特征在于,当电网储存富余电能时,低温液体混合物储罐(10)中的CO₂混合物工质进入至蒸发器(11)中,蒸发为气态,气态的CO₂混合物工质依次在低压压缩机(12)和高压压缩机(13)增压后,进入熔盐换热器(4)的工质侧;低温熔盐储罐(1)中的低温熔盐流入至熔盐换热器(4)的熔盐侧,熔盐换热器(4)内低温熔盐和工质侧换热,在熔盐换热器(4)吸热后的熔盐在高温熔盐储罐(3)中存储;

当存储太阳能时,低温熔盐从低温熔盐储罐(1)流入至太阳能吸热器(2)中,吸收热量后,熔盐进入高温熔盐储罐(3)的中存储。

9. 一种权利要求1所述超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统的运行方法,其特征在于,当输出电能时,高温熔盐储罐(3)的高温熔盐进入熔盐换热器(4)中释放热量,进入低温熔盐储罐(1)储存;高温混合物储罐(5)的CO₂混合工质进入熔盐换热器(4)中吸收热量后进入透平做功,做功后的CO₂混合工质在冷凝器(9)中被冷却成为液态,液态的CO₂混合工质被

存储在低温液体混合物储罐(10)中。

10. 根据权利要求9所述超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统的运行方法,其特征在于,当高温混合物储罐(5)的高压工质被消耗完时,通过压缩机增压后的高压CO₂混合物在回热器(8)吸热后进入熔盐换热器(4)的工质侧吸收热量后,在高压透平(6)中做功;做功后的CO₂混合物压力在临界压力之上,在回热器(8)的热侧放热后,在冷凝器(9)中被冷却,然后进入高压压缩机(13)做功。

一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统及其运行方法

技术领域

[0001] 本发明属于太阳能及储能系统技术领域,具体涉及一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统及其运行方法。

背景技术

[0002] 随着新能源,尤其是风电和太阳能光伏发电的增加,新能源发电对于电网的冲击作用越来越大,为了解决这个问题,光伏配套储能、风电配套储能,储能调峰电站等方向的研究越来越多。虽然储能的形式有很多,例如抽水蓄能、电池储能、压缩空气储能、储热、飞轮储能等。但目前适合于大规模储能的方式只有压缩空气储能,储热和抽水储能。而电池储能虽然效率最高,但是成本太高,适合于新能源汽车这类小型紧凑式应用场合,但不适合于电站级别的大规模储能。飞轮储能则适合于调频这样的快速响应需求,也不适合于电站级别的大规模储能。压缩空气储能、抽水储能、储热相比较而言。抽水储能成本最低,效率也比较高,但劣势是需要修建水库,只适合于在水力资源丰富的江河湖地区建造。储热是近年来兴起的储能方式,在太阳能光热发电领域应用广泛。但储热并非可以单独使用,而是作为太阳能发电系统的配套系统应用,若作为单独的储能电站,则目前成本相对较高。压缩空气储能是可以与抽水储能相媲美的另一种储能方式。

[0003] 压缩空气储能相继经历了补燃压缩空气储能电站,蓄热压缩空气储能电站的发展历程,目前正在向液化压缩空气储能电站及超临界压缩空气储能电站的方向发展。传统的补燃压缩空气储能电站及蓄热压缩空气储能电站都需要储存大量压缩空气,一般选择自然山洞、废弃矿井、地下岩穴、含水层等特殊地形储存压缩空气。国内新建的蓄热压缩空气储能电站则多以地面储罐、管道储气等方式储存。国外也有提出水下气囊储存压缩空气的设计。但这些储存方式都面临占地大,投资的问题。最先进的液化压缩空气储能及超临界压缩空气储能的储存空间理论上可以缩减为原来的20分之一,但是这两项技术都涉及到低温冷却技术,需要将空气冷却到-200℃以及-196℃以下,深冷技术难度大,投资大。即这两项新技术在解决了压缩空气储存空间问题的同时又引入了新的技术困难。

[0004] 与此同时,太阳能光热发电逐步兴起,太阳能热发电的一个重要优势就是可以采用廉价的蓄热方式进行储能,因此太阳能光热发电逐步被视为光伏发电的配套的储能电站或调节电站,并且太阳能光热电站作为储能电站时也是一种大规模储能方式,但它发展的制约因素也是光热发电本身的缺陷,成本过高。当它单独作为一项太阳能发电装置时很难与光伏发电向抗衡,只有与储能要求结合起来时才能与光伏发电持平,即考核配备了储能系统后的光伏电站成本时其价格才能与光热发电相比。且光热发电站作为储能电站时,只能储存太阳能热,若有电网的多于电能需要储存时,光热电站本身并无储能优势。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服上述现有技术的缺点,提供一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统及其运行方法,以解决现有技术中压缩空气储能占地面积大,太阳能储能

成本高的问题。

[0006] 为达到上述目的,本发明采用以下技术方案予以实现:

[0007] 一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统,包括低温熔盐储罐、太阳能吸热器、高温熔盐储罐、熔盐换热器、高温混合物储罐、透平、回热器、冷凝器、低温液体混合物储罐、蒸发器和压缩机;

[0008] 所述低温熔盐储罐的出口分别和太阳能吸热器的入口以及熔盐换热器的熔盐侧入口连接;太阳能吸热器的出口和高温熔盐储罐的入口连接,低温熔盐储罐的出口和高温熔盐储罐的出口均和熔盐换热器的熔盐侧入口连接,熔盐换热器的熔盐侧出口分别和高温熔盐储罐的入口和低温熔盐储罐的入口连接;

[0009] 所述熔盐换热器的工质侧出口分别连接有透平和高温混合物储罐,透平的出口分别和回热器的热侧入口以及冷凝器的入口连接,所述回热器的热侧出口和冷凝器的入口连接,所述回热器冷侧出口和熔盐换热器的工质入口连接;所述冷凝器的出口分别和低温液体混合物储罐以及压缩机连接,所述低温液体混合物储罐的出口连接有蒸发器,蒸发器的出口和压缩机的入口连接,所述压缩机的出口和熔盐换热器的工质入口连接。

[0010] 本发明的进一步改进在于:

[0011] 优选的,所述透平包括依次连接的高压透平和低压透平,高压透平的入口和熔盐换热器的工质侧出口连接,低压透平的出口和冷凝器的入口连接。

[0012] 优选的,所述高压透平的出口分别与回热器的热侧入口以及低压透平的入口连接。

[0013] 优选的,所述压缩机的出口分别和回热器的冷侧入口以及熔盐换热器的工质侧入口连接。

[0014] 优选的,所述高温混合物储罐的出口和熔盐换热器的工质侧入口连接。

[0015] 优选的,所述压缩机包括依次连接的低压压缩机和高压压缩机,所述低压压缩机的入口和蒸发器的出口连接,所述高压压缩机的出口和熔盐换热器的工质入口连接。

[0016] 优选的,所述冷凝器的出口和高压压缩机的入口连接。

[0017] 一种上述超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统的运行方法,当电网储存富余电能时,低温液体混合物储罐中的CO₂混合物工质进入至蒸发器中,蒸发为气态,气态的CO₂混合物工质依次在(低压压缩机)和高压压缩机增压后,进入熔盐换热器的工质侧;低温熔盐储罐中的低温熔盐流入至熔盐换热器的熔盐侧,熔盐换热器内低温熔盐和工质侧换热,在熔盐换热器吸热后的熔盐在高温熔盐储罐中存储;

[0018] 当存储太阳能时,低温熔盐从低温熔盐储罐流入至太阳能吸热器中,吸收热量后,熔盐进入高温熔盐储罐的中存储。

[0019] 一种上述超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统的运行方法,当输出电能时,高温熔盐储罐的高温熔盐进入熔盐换热器中释放热量,进入低温熔盐储罐储存;高温混合物储罐的CO₂混合工质进入熔盐换热器中吸收热量后进入透平做功,做功后的CO₂混合工质在冷凝器中被冷却成为液态,液态的CO₂混合工质被存储在低温液体混合物储罐中。

[0020] 优选的,当高温混合物储罐的高压工质被消耗完时,通过压缩机增压后的高压CO₂混合物在回热器吸热后进入熔盐换热器的工质侧吸收热量后,在高压透平中做功;做功后的CO₂混合物压力在临界压力之上,在回热器的热侧放热后,在冷凝器中被冷却,然后进入

高压压缩机做功。

[0021] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0022] 本发明公开了一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统,该系统通过核心的低温熔盐储罐、太阳能吸热器、高温熔盐储罐、熔盐换热器、高温混合物储罐、透平、回热器、冷凝器、低温液体混合物储罐、蒸发器和压缩机实现了将液体压缩CO₂混合物储能与超临界CO₂混合物光热发电结合起来的综合储能。该系统不仅解决了传统压缩空气储能系统需要大量储存空间的缺陷,也避免了新一代液化压缩空气储能系统需要低温冷却的技术困难。同时扩大了原有储能系统的工作范围,不仅可以储存电网多余电能,还可以储存太阳能,也可以将太阳能直接用于发电,并且由于两套系统共用了部分设备(共用了高温熔盐储罐、低温熔盐储罐、熔盐换热器、高压透平、高压压缩机、冷凝器及相应的管路配件等),其总体投资远小于两套独立系统投资的总和。两个系统公用部分设备,并且可以实现两个系统的各自的功能,降低了整体成本,提高了系统整体功能范围。

[0023] 本发明还公开了一种超临界CO₂光热发电及液态压缩储能系统的运行方法,该方法不仅解决了传统压缩空气储能系统需要大量储存空间的缺陷,也避免了新一代液化压缩空气储能系统需要低温冷却的技术困难。同时扩大了原有储能系统的工作范围,不仅可以储存电网多余电能,还可以储存太阳能,也可以将太阳能直接用于发电,并且由于两套系统共用了部分设备(共用了高温熔盐储罐、低温熔盐储罐、熔盐换热器、高压透平、高压压缩机、冷凝器及相应的管路配件等),其总体投资远小于两套独立系统投资的总和。该方法,既解决了压缩空气储能占地空间大的问题,又没有引入类似低温冷却新技术难题,即大大推广压缩空气储能的应用范围,有助于新能源的发展利用,环节不稳定电源对于电网的冲击。

附图说明

[0024] 图1为本发明系统的实例1示意图。

[0025] 其中,1为低温熔盐储罐,2为太阳能吸热器,3为高温熔盐储罐,4为熔盐换热器,5为高温混合物储罐,6为高压透平,7为低压透平,8为回热器,9为冷凝器,10为低温液体混合物储罐,11为蒸发器,12为低压压缩机,13为高压压缩机。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述:

[0027] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制;术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性;此外,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0028] 本发明的实施例之一为公开了一种超临界CO₂混合物光热发电及液态压缩储能系统,该系统包括低温熔盐储罐1,太阳能吸热器2,高温熔盐储罐3,熔盐换热器4,高温混合物

储罐5,高压透平6,低压透平7,回热器8,冷凝器9,低温液体混合物储罐10,蒸发器11,低压压缩机12和高压压缩机13。

[0029] 熔盐换热器4设置有两条相互换热的管路,一条管路为熔盐侧,另一条管路为工质侧。高压压缩机13的出口、回热器8的冷侧出口与高温混合物储罐5的出口汇合后与熔盐换热器4的工质侧入口连接;熔盐换热器4的工质侧出口分为两路,一路与高温混合物储罐5的入口相连通,另一路与高压透平6的入口相连通。熔盐换热器4熔盐侧的出口分为两路,一路与低温熔盐储罐1的入口相连通,另一路与高温熔盐储罐3的入口相连通。

[0030] 低温熔盐储罐1的出口分为两路,一路与太阳能吸热器2的进口相连接,另一路与熔盐换热器4的熔盐侧入口相连通,太阳能吸热器2的出口与高温熔盐储罐3的入口相连通,高温熔盐储罐3的出口与熔盐换热器4熔盐侧的入口相连通。高压透平6的出口分为两路,一路与低压透平7的入口连通,另一路与回热器8的热侧入口相连通,低压透平7的出口与冷凝器9的入口相连通;

[0031] 回热器8的热侧入口连接和高压透平6的出口连接,回热器8的热侧出口和低压透平7的出口管路汇合后共同与冷凝器9的热侧入口连通;回热器8的冷侧入口和高压压缩机13的出口连接,回热器8的冷侧出口连接至盐换热器4的工质侧入口连接。

[0032] 冷凝器9的热侧出口分为两路,一路与高压压缩机13的入口相连通,另一路与低温液体混合物储罐10的入口相连通,低温液体混合物储罐10的出口与蒸发器11的冷侧入口相连通,蒸发器11的冷侧出口与低压压缩机12的入口相连通,低压压缩机12的出口高压压缩机13的入口相连通,高压压缩机13的出口分为两路,一路与回热器8的冷侧入口相连通,回热器8的冷侧出口与熔盐换热器4的工质侧入口相连通,高压压缩机13的出口的另一路直接与熔盐换热器4的工质侧入口相连通。

[0033] 本发明的运行方法为:

[0034] 当电网有富余电能需要储存时,首先启动低压压缩机12,将储存在低温液体混合物储罐10中的液态CO₂混合物工质抽入蒸发器11的冷侧吸热,液态CO₂混合物工质蒸发为气态,气态的CO₂混合物工质在低压压缩机12中被增压后,送入高压压缩机13继续增压,从高压压缩机13输出的高压高温CO₂混合物工质进入熔盐换热器4的工质侧,此时高压压缩机13出口与回热器8冷侧入口之间的管路关闭,高压高温CO₂混合物工质在熔盐换热器4中放热后进入高温混合物储罐5被储存起来,与此同时,低温熔盐从低温熔盐储罐1的出口流入熔盐换热器4的熔盐侧,在熔盐换热器4中吸收热量,然后进口高温熔盐储罐3中储存起来,此时熔盐换热器4的熔盐侧进入低温熔盐储罐1的管路,熔盐换热器4的熔盐侧进入太阳能吸热器2的管路,以及太阳能吸热器2和高温熔盐储罐3之间的管路都关闭,高温熔盐储罐3出口与熔盐换热器4熔盐侧入口之间的管路也关闭。若此时同时需要储存太阳能光热的热量时,则低温熔盐从低温熔盐储罐1的出口分流出一路同时流入太阳能吸热器2,吸收太阳能的热量后再进入高温熔盐储罐3中储存起来,而高温熔盐储罐3出口与熔盐换热器4熔盐侧入口之间的管路还是保持关闭,熔盐换热器4熔盐侧出口与低温熔盐储罐1入口之间的管路仍然保持关闭。

[0035] 当需要输出电能时,首先消耗高温混合物储罐5中的高压工质,以及高温熔盐储罐3中的高温熔盐的热量,高温熔盐储罐3中的高温熔盐首先进入熔盐换热器4中释放热量,然后进口低温熔盐储罐1中储存起来,此时低温熔盐储罐1以及高温熔盐储罐3与太阳能吸热

器2之间的管路都关闭,低温熔盐储罐1出口与熔盐换热器4熔盐侧入口之间的管路关闭,熔盐换热器4熔盐侧出口与高温熔盐储罐3入口之间的管路也关闭。与此同时,高温混合物储罐5中的高压工质进入熔盐换热器4的工质侧吸收热量,被加热后的高温高压CO₂混合物工质进入高压透平6做功,然后再进入低压透平7继续做功,做功后的低温低压尾气已低于临界压力,进入冷凝器9中被冷却为液态,液态CO₂混合物工质被储存在低温液体混合物储罐10中。此时,蒸发器11,低压压缩机12,高压压缩机13不工作,高压压缩机13、回热器8与外界相连的管路都关闭,熔盐换热器4的工质侧出口与高温混合物储罐5进入之间的管路也关闭。

[0036] 当高温混合物储罐5中的高压工质被消耗殆尽时,若高温熔盐储罐3中还有高温熔盐可用,则此时可切换到超临界CO₂循环向电网供电。此时启动高压压缩机13,经过增压后的高压CO₂混合物进入回热器8的冷侧吸热,然后再进入熔盐换热器4的工质侧继续吸收热量,然后进入高压透平6做功,做功后的混合物工质压力在临界压力之上,直接进入回热器8的热侧放热,之后再进入冷凝器9的热侧继续放热,此时冷凝器9出口的工质压力在临界压力之上,是超临界态,被冷却的工质回到高压压缩机13的进口完成循环。在此过程中,低压透平7,低压压缩机12不工作,低压透平7的进出口管路,低温液体混合物储罐10的进口管路,低压透平7的出口管路,高压压缩机13与熔盐换热器4工质侧入口之间的管路,高温混合物储罐5的进出口管路都关闭。

[0037] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

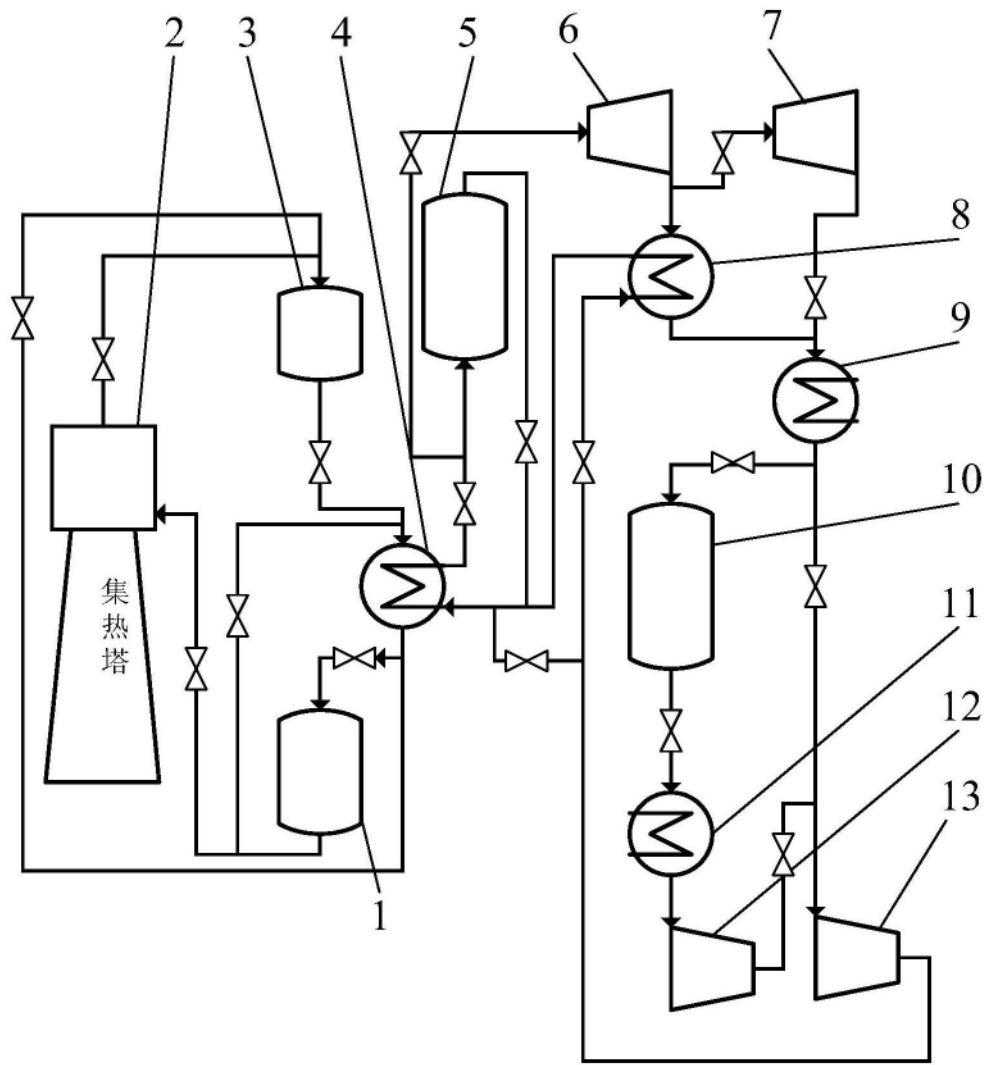


图1