



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118327722 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 12

(21) 申请号 202410684124.X

(22) 申请日 2024.05.30

(71) 申请人 华北水利水电大学

地址 450045 河南省郑州市金水区北环路
36号

(72) 发明人 赵世飞 段凡 田泽 王春兰
张振 刘军 王为术 赵冰超
王嘉乐 黄翰博

(51) Int. Cl.

F01K 17/02 (2006.01)

F01K 13/02 (2006.01)

F01D 15/10 (2006.01)

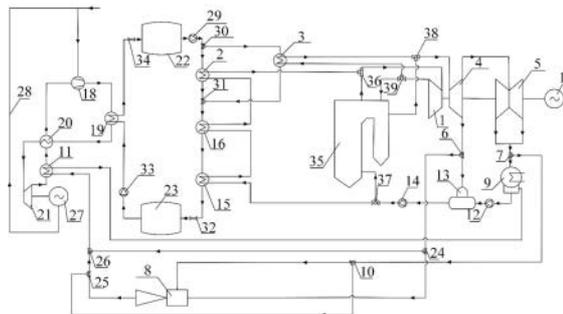
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组及其运行方法

(57) 摘要

本发明公开一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组及其运行方法,属于燃煤发电领域。该系统包括汽轮机发电系统、储热系统和放热系统。根据储热系统中循环工质质量流量的变化,通过蒸汽喷射器灵活运用乏气进行预热。因此,本发明可部分或全部回收汽轮机发电系统产生的余热。此外,相较于使用甲醇作为冷源加热器的热源的传统卡诺电池系统,该系统可提升辅助汽轮机的发电量,从而提高电转热系统的COP (coefficient of performance,制热性能系数)。本发明在减少能量损失的同时,提高了系统运行灵活性和系统的总效率。



1. 一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组,其特征在于,包括汽轮机系统、储热系统和放热系统;

所述汽轮机系统包括锅炉(35),所述混合阀(36)的入口分别与锅炉(1)过热器出口与辅过热器(2)的冷源出口连接,混合阀(36)的出口与高压缸(1)入口连接,高压缸(1)出口与分流阀(36)的入口连接,分流阀(36)的出口分别与辅再热器(3)的冷源入口和锅炉(35)的再热器入口连接,混合阀(38)的入口分别与辅再热器(3)的冷源出口和锅炉(35)的再热器出口连接,混合阀(38)的出口与中压缸(4)的入口连接,中压缸(4)的出口分别与低压缸(5)和分流阀(6)的入口连接,低压缸(5)出口与分流阀(7)的入口连接,分流阀(7)的出口分别与分流阀(10)和凝汽器(9)的入口连接,凝汽器(9)的出口与泵(12)的入口连接,泵(12)的出口与除氧器(13)的给水入口连接,分流阀(6)的出口分别与分流阀(24)的入口连接和除氧器(13)的蒸汽入口连接,除氧器(13)的出口与泵(14)的入口连接,泵(14)的出口与分流阀(37)的入口连接,分流阀(37)的出口分别与锅炉(35)给水入口和预热器(15)的冷源入口连接;高压缸(1)、中压缸(4)、低压缸(5)和发电机(17)同轴连接;

所述储热系统包括压缩机(18),所述回热换热器(20)的冷源出口与压缩机(18)的入口连接,压缩机(18)的出口与热源换热器(19)的热源入口连接,热源换热器(19)的热源出口与回热换热器(20)的热源入口连接,回热换热器(20)的热源出口与辅助汽轮机(21)的入口连接,辅助汽轮机(21)的出口与冷源换热器(11)的冷源入口连接,冷源换热器(11)的冷源出口与回热换热器(20)的冷源入口连接;分流阀(10)的出口分别与混合阀(25)的入口和蒸汽喷射器(8)的入口连接,分流阀(24)的出口分别与混合阀(26)的入口和蒸汽喷射器(8)的驱动蒸汽入口连接,蒸汽喷射器(8)的出口与混合阀(25)的入口连接,混合阀(25)的出口与混合阀(26)的入口连接,混合阀(26)的出口与冷源加热器(11)的热源入口连接,冷源加热器(11)的热源出口与热井连接;辅助汽轮机(21)与辅助发电机(27)同轴连接,辅助发电机(27)所发出的电和弃电通过输电线(28)对压缩机(18)进行供电;

所述放热系统包括高温储罐(22),高温储罐(22)的出口与泵(29)的入口连接,泵(29)的出口与分流阀(30)的入口连接,分流阀(30)的出口分别与辅过热器(2)和辅再热器(3)的热源入口连接,混合阀(31)的入口分别与辅过热器(2)和辅再热器(3)的热源出口连接,混合阀(31)的出口与蒸发器(16)的热源入口连接,蒸发器(16)的热源出口与预热器(15)的热源入口连接,预热器(15)的热源出口与节流阀(32)的入口连接,节流阀(32)的出口与低温储罐(23)的入口连接,低温储罐(23)的出口与泵(33)的入口连接,泵(33)的出口与热源换热器(19)的冷源入口连接,热源换热器(19)的冷源出口与节流阀(34)的入口连接,节流阀(34)的出口与高温储罐(22)的入口连接;预热器(15)的冷源出口与蒸发器(16)的冷源入口连接,蒸发器(16)的冷源出口与辅过热器(2)的冷源入口连接。

2. 根据权利要求1所述的一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组,其特征在于,所述的抽取部分低压缸(5)乏汽通过分流阀(7)、分流阀(10)和混合阀(25)可直接作为冷源换热器(11)的热源,也可通过分流阀(6)、分流阀(24)和蒸汽喷射器(8)将部分中压缸(4)乏汽与低压缸(5)乏汽进行混合,混合后的气体作为冷源换热器(11)的热源,中压缸(4)乏汽还可以通过分流阀(6)、分流阀(24)和混合阀(26)直接作为冷源换热器(11)的热源。

3. 根据权利要求1所述的一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组,其特征在于,所述的高温循环介质从高温储罐(22)流出,依次作为辅过热器(2)、辅再热器(3)、蒸发器(16)和预

热器(15)的热源,随后流入低温储罐(23);低温循环介质从低温储罐(23)通过泵(33)加压后,进入热源换热器(19),加热后回到高温储罐(22)。

4.根据权利要求1所述的一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组,其特征在于,所述的循环工质的质量流量取决于辅助汽轮机(21)的发电量和弃电量,并以此来确定分流阀(6)、分流阀(7)、分流阀(10)和分流阀(24)的分流比。

5.根据权利要求1所述的一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组,其特征在于,所述的弃电量可以是新能源场站的弃电,也可以是电网的低谷电。

6.根据权利要求1所述的一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组,其特征在于,所述的储热系统的循环工质包括氩气;所述的放热系统的循环工质包括二元太阳盐,只要满足环保要求和系统安全运行即可。

7.一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组及其运行方法,其特征在于,所述的储热系统的循环工质质量流量较小时,可以控制分流阀(7)和分流阀(10)的分流比,抽取部分低压缸(5)乏汽直接进入冷源换热器(11),加热循环工质至指定温度,随后回到热井;当循环工质质量流量较大,抽取部分低压缸(5)乏汽不足以将所有工质加热至指定温度时,通过调节分流阀(6)、分流阀(7)、分流阀(24)和分流阀(10)的分流比,利用蒸汽喷射器(8)将中压缸(4)乏汽和低压缸(5)乏汽进行混合,混合后的蒸汽再流向冷源换热器(11),加热循环工质至指定温度,随后回到热井;当循环工质质量流量极大时,可先通过蒸汽喷射器(8)混合后的蒸汽进入冷源换热器(11)进行加热,当抽取低压缸乏汽量达到限值时,再调节分流阀(6)和分流阀(24)的分流比,单独利用中压缸(4)乏汽进入冷源换热器(11),加热循环工质至指定温度,随后回到热井。

一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组及其运行方法

技术领域

[0001] 本发明属于燃煤发电技术领域,具体涉及一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组及其运行方法。

背景技术

[0002] 随着能源需求的不断增长和双碳战略的提出,我国的能源生产结构正发生巨大的转变,正逐步以风能和太阳能等可再生能源为主的新体系来代替传统的火力发电为主的能源供应体系。然而,由于风能、太阳能的随机性以及热电联产的热电耦合性,则会出现较为严重的弃风弃光问题。

[0003] 卡诺电池包含电转热、储电和热转电三部分,其中电转热部分则是通过电加热或者是逆布雷顿循环的方式,将热量储存到储热介质当中。在热转电部分,储热介质作为热源,将水逐级加热成过热蒸汽,随后过热蒸汽进入汽轮机系统做功发电。因此,卡诺电池系统可部分代替燃煤锅炉系统,从而减少一次能源的消耗。同时,该系统利用弃风弃光所发的电量,增加可再生能源的上网率,从而得到大力发展。

[0004] 在卡诺电池系统评价方面,电转热部分的COP是一个重要的评价指标。据相关文献描述,传统的卡诺电池电转热系统通常使用15°C的甲醇作为冷源换热器的热源,虽然可以起到对循环工质的预热作用,但预热后的循环工质仍与回热加热器之间存在较大温差,这会增加回热换热器的换热损失,同时回热换热器出口的循环工质温度还会影响到辅助汽轮机的发电量。因此,电转热部分的COP范围大多在1.2~1.3。此外,为确保运行安全,汽轮机不可避免地要使用一些冷却蒸汽。而冷却蒸汽由于温度较低,往往难以利用。

[0005] 因此,如何进一步提高卡诺电池电转热部分COP和降低排汽损失仍是其技术发展的重要方向。

发明内容

[0006] 针对现有方法的不足,本发明提供了一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组及其运行方法。在卡诺电池储热系统中,利用低压缸乏汽作为热源对储热系统中的循环工质进行预热,使系统总效率和COP升高的同时,乏汽回收利用能力增强。

[0007] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组,其特征在于,包括汽轮机系统、储热系统和放热系统;

所述汽轮机系统包括锅炉(35),所述混合阀(36)的入口分别与锅炉(1)过热器出口与辅过热器(2)的冷源出口连接,混合阀(36)的出口与高压缸(1)入口连接,高压缸(1)出口与分流阀(39)的入口连接,分流阀(39)的出口分别与辅再热器(3)的冷源入口和锅炉(35)的再热器入口连接,混合阀(38)的入口分别与辅再热器(3)的冷源出口和锅炉(35)的再热器出口连接,混合阀(38)的出口与中压缸(4)的入口连接,中压缸(4)的出口分别与低压缸(5)和分流阀(6)的入口连接,低压缸(5)出口与分流阀(7)的入口连接,分流阀(7)的出

口分别与分流阀(10)和凝汽器(9)的入口连接,凝汽器(9)的出口与泵(12)的入口连接,泵(12)的出口与除氧器(13)的给水入口连接,分流阀(6)的出口分别与分流阀(24)的入口连接和除氧器(13)的蒸汽入口连接,除氧器(13)的出口与泵(14)的入口连接,泵(14)的出口与分流阀(37)的入口连接,分流阀(37)的出口分别与锅炉(35)给水入口和预热器(15)的冷源入口连接;高压缸(1)、中压缸(4)、低压缸(5)和发电机(17)同轴连接;

所述储热系统包括压缩机(18),所述回热换热器(20)的冷源出口与压缩机(18)的入口连接,压缩机(18)的出口与热源换热器(19)的热源入口连接,热源换热器(19)的热源出口与回热换热器(20)的热源入口连接,回热换热器(20)的热源出口与辅助汽轮机(21)的入口连接,辅助汽轮机(21)的出口与冷源换热器(11)的冷源入口连接,冷源换热器(11)的冷源出口与回热换热器(20)的冷源入口连接;分流阀(10)的出口分别与混合阀(25)的入口和蒸汽喷射器(8)的入口连接,分流阀(24)的出口分别与混合阀(26)的入口和蒸汽喷射器(8)的驱动蒸汽入口连接,蒸汽喷射器(8)的出口与混合阀(25)的入口连接,混合阀(25)的出口与混合阀(26)的入口连接,混合阀(26)的出口与冷源加热器(11)的热源入口连接,冷源加热器(11)的热源出口与热井连接;辅助汽轮机(21)与辅助发电机(27)同轴连接,辅助发电机(27)所发出的电和弃电通过输电线(28)对压缩机(18)进行供电;

所述放热系统包括高温储罐(22),高温储罐(22)的出口与泵(29)的入口连接,泵(29)的出口与分流阀(30)的入口连接,分流阀(30)的出口分别与辅过热器(2)和辅再热器(3)的热源入口连接,混合阀(31)的入口分别与辅过热器(2)和辅再热器(3)的热源出口连接,混合阀(31)的出口与蒸发器(16)的热源入口连接,蒸发器(16)的热源出口与预热器(15)的热源入口连接,预热器(15)的热源出口与节流阀(32)的入口连接,节流阀(32)的出口与低温储罐(23)的入口连接,低温储罐(23)的出口与泵(33)的入口连接,泵(33)的出口与热源换热器(19)的冷源入口连接,热源换热器(19)的冷源出口与节流阀(34)的入口连接,节流阀(34)的出口与高温储罐(22)的入口连接;预热器(15)的冷源出口与蒸发器(16)的冷源入口连接,蒸发器(16)的冷源出口与辅过热器(2)的冷源入口连接。

[0008] 所述的高温循环介质从高温储罐(22)流出,依次作为辅过热器(2)、辅再热器(3)、蒸发器(16)和预热器(15)的热源,随后流入低温储罐(23);低温循环介质从低温储罐(23)通过泵(33)加压后,进入热源换热器(19),加热后回到高温储罐(22)。

[0009] 所述的循环工质的质量流量取决于辅助汽轮机(21)的发电量和弃电量,并以此来确定分流阀(6)、分流阀(7)、分流阀(10)和分流阀(24)的分流比。

[0010] 所述的弃电量可以是新能源场站的弃电,也可以是电网的低谷电。

[0011] 所述的储热系统的循环工质包括氩气;所述的放热系统的循环工质包括二元太阳盐,只要满足环保要求和系统安全运行即可。

[0012] 一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组及其运行方法,其特征在于,所述的储热系统的循环工质质量流量较小时,可以控制分流阀(7)和分流阀(10)的分流比,抽取部分低压缸(5)乏汽直接进入冷源换热器(11),加热循环工质至指定温度,随后回到热井;当循环工质质量流量较大,抽取部分低压缸(5)乏汽不足以将所有工质加热至指定温度时,通过调节分流阀(6)、分流阀(7)、分流阀(24)和分流阀(10)的分流比,利用蒸汽喷射器(8)将中压缸(4)乏汽和低压缸(5)乏汽进行混合,混合后的蒸汽再流向冷源换热器(11),加热循环工质至指定温度,随后回到热井;当循环工质质量流量极大时,可先通过蒸汽喷射器(8)混合

后的蒸汽进入冷源换热器(11)进行加热,当抽取低压缸乏汽量达到限值时,再调节分流阀(6)和分流阀(24)的分流比,单独利用中压缸(4)乏汽进入冷源换热器(11),加热循环工质至指定温度,随后回到热井。

[0013] 本发明的积极有益效果:

本发明公开了一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组及其运行方法。将部分中压缸和低压缸的乏气作为卡诺电池储热系统中冷源换热器的热源,使乏汽回收利用能力提升的同时,提高了储热系统的COP和系统的总效率。本发明中,利用乏汽代替甲醇作为冷源换热器的热源,并且利用分流阀和蒸汽喷射器来保证乏气的合理使用,使循环工质的出口温度提高,减少回热换热器的换热损失,循环工质进入辅助汽轮机的温度增加,从而使辅助汽轮机发出更多电量,储热系统的COP提高。同时,回收利用了更多乏汽,使系统的总效率得到提升。

附图说明

[0014] 图1为一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组结构示意图。

[0015] 图中:1-高压缸 2-辅过热器 3-辅再热器 4-中压缸 5-低压缸 6-分流阀 7-分流阀 8-蒸汽喷射器 9-凝汽器 10-分流阀 11-冷源换热器 12-泵 13-除氧器 14-泵 15-预热器 16-蒸发器 17-发电机 18-压缩机 19-热源换热器 20-回热换热器 21-辅助汽轮机 22-高温储罐 23-低温储罐 24-分流阀 25-混合阀 26-混合阀 27-辅助发电机 28-输电线 29-泵 30-分流阀 31-混合阀 32-节流阀 33-泵 34-节流阀 35-锅炉 36-混合阀 37-分流阀 38-混合阀 39-分流阀。

具体实施方式

[0016] 下面结合本发明中的附图和一些具体实施例对本发明作进一步说明。

[0017] 一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组,其特征在于,包括汽轮机系统、储热系统和放热系统;

所述汽轮机系统包括锅炉(35),所述混合阀(36)的入口分别与锅炉(1)过热器出口与辅过热器(2)的冷源出口连接,混合阀(36)的出口与高压缸(1)入口连接,高压缸(1)出口与分流阀(39)的入口连接,分流阀(39)的出口分别与辅再热器(3)的冷源入口和锅炉(35)的再热器入口连接,混合阀(38)的入口分别与辅再热器(3)的冷源出口和锅炉(35)的再热器出口连接,混合阀(38)的出口与中压缸(4)的入口连接,中压缸(4)的出口分别与低压缸(5)和分流阀(6)的入口连接,低压缸(5)出口与分流阀(7)的入口连接,分流阀(7)的出口分别与分流阀(10)和凝汽器(9)的入口连接,凝汽器(9)的出口与泵(12)的入口连接,泵(12)的出口与除氧器(13)的给水入口连接,分流阀(6)的出口分别与分流阀(24)的入口连接和除氧器(13)的蒸汽入口连接,除氧器(13)的出口与泵(14)的入口连接,泵(14)的出口与分流阀(37)的入口连接,分流阀(37)的出口分别与锅炉(35)给水入口和预热器(15)的冷源入口连接;高压缸(1)、中压缸(4)、低压缸(5)和发电机(17)同轴连接;

所述储热系统包括压缩机(18),所述回热换热器(20)的冷源出口与压缩机(18)的入口连接,压缩机(18)的出口与热源换热器(19)的热源入口连接,热源换热器(19)的热源出口与回热换热器(20)的热源入口连接,回热换热器(20)的热源出口与辅助汽轮机(21)的

入口连接,辅助汽轮机(21)的出口与冷源换热器(11)的冷源入口连接,冷源换热器(11)的冷源出口与回热换热器(20)的冷源入口连接;分流阀(10)的出口分别与混合阀(25)的入口和蒸汽喷射器(8)的入口连接,分流阀(24)的出口分别与混合阀(26)的入口和蒸汽喷射器(8)的驱动蒸汽入口连接,蒸汽喷射器(8)的出口与混合阀(25)的入口连接,混合阀(25)的出口与混合阀(26)的入口连接,混合阀(26)的出口与冷源加热器(11)的热源入口连接,冷源加热器(11)的热源出口与热井连接;辅助汽轮机(21)与辅助发电机(27)同轴连接,辅助发电机(27)所发出的电和弃电通过输电线(28)对压缩机(18)进行供电;

所述放热系统包括高温储罐(22),高温储罐(22)的出口与泵(29)的入口连接,泵(29)的出口与分流阀(30)的入口连接,分流阀(30)的出口分别与辅过热器(2)和辅再热器(3)的热源入口连接,混合阀(31)的入口分别与辅过热器(2)和辅再热器(3)的热源出口连接,混合阀(31)的出口与蒸发器(16)的热源入口连接,蒸发器(16)的热源出口与预热器(15)的热源入口连接,预热器(15)的热源出口与节流阀(32)的入口连接,节流阀(32)的出口与低温储罐(23)的入口连接,低温储罐(23)的出口与泵(33)的入口连接,泵(33)的出口与热源换热器(19)的冷源入口连接,热源换热器(19)的冷源出口与节流阀(34)的入口连接,节流阀(34)的出口与高温储罐(22)的入口连接;预热器(15)的冷源出口与蒸发器(16)的冷源入口连接,蒸发器(16)的冷源出口与辅过热器(2)的冷源入口连接。

[0018] 所述的高温循环介质从高温储罐(22)流出,依次作为辅过热器(2)、辅再热器(3)、蒸发器(16)和预热器(15)的热源,随后流入低温储罐(23);低温循环介质从低温储罐(23)通过泵(33)加压后,进入热源换热器(19),加热后回到高温储罐(22)。

[0019] 所述的循环工质的质量流量取决于辅助汽轮机(21)的发电量和弃电量,并以此来确定分流阀(6)、分流阀(7)、分流阀(10)和分流阀(24)的分流比。

[0020] 所述的弃电量可以是新能源场站的弃电,也可以是电网的低谷电。

[0021] 所述的储热系统的循环工质包括氩气;所述的放热系统的循环工质包括二元太阳盐,只要满足环保要求和系统安全运行即可。

[0022] 一种以乏汽为热源的卡诺电池燃煤机组及其运行方法,其特征在于,所述的储热系统的循环工质质量流量较小时,可以控制分流阀(7)和分流阀(10)的分流比,抽取部分低压缸(5)乏汽直接进入冷源换热器(11),加热循环工质至指定温度,随后回到热井;当循环工质质量流量较大,抽取部分低压缸(5)乏汽不足以将所有工质加热至指定温度时,通过调节分流阀(6)、分流阀(7)、分流阀(24)和分流阀(10)的分流比,利用蒸汽喷射器(8)将中压缸(4)乏汽和低压缸(5)乏汽进行混合,混合后的蒸汽再流向冷源换热器(11),加热循环工质至指定温度,随后回到热井;当循环工质质量流量极大时,可先通过蒸汽喷射器(8)混合后的蒸汽进入冷源换热器(11)进行加热,当抽取低压缸乏汽量达到限值时,再调节分流阀(6)和分流阀(24)的分流比,单独利用中压缸(4)乏汽进入冷源换热器(11),加热循环工质至指定温度,随后回到热井。

[0023] 最后说明的是,以上实例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,本领域普通技术人员对本发明的技术方案所做的其他修改或者等同替换,只要不脱离本发明技术方案的精神和范围,均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

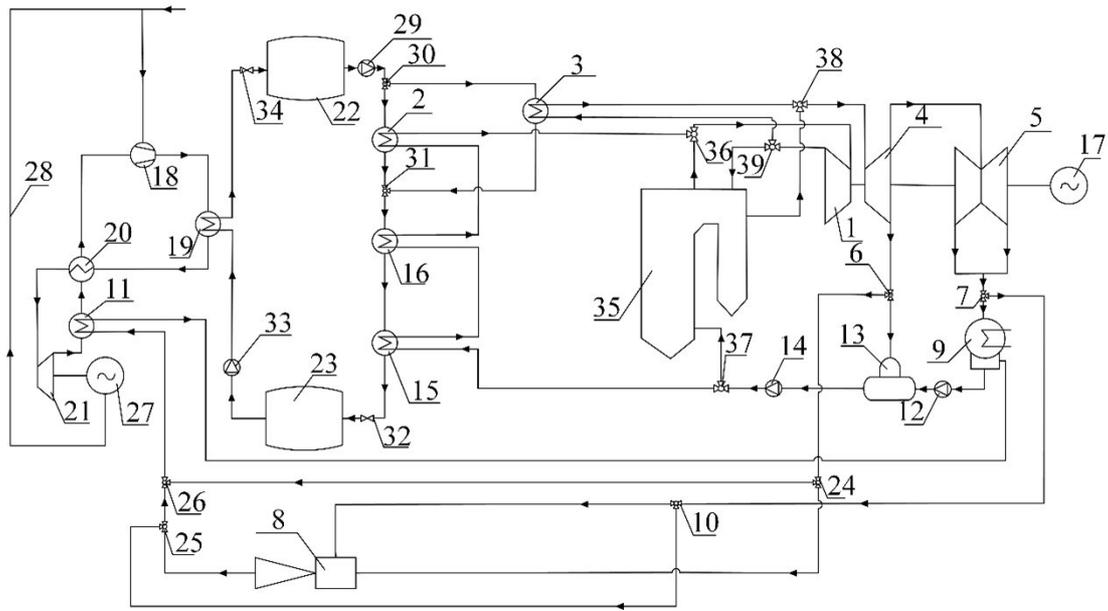


图 1