

1. 一种联合循环耦合熔盐储能深度调峰系统,其特征在于,包括:

循环发电机构,包括汽轮机组(20)和余热锅炉机组(10),所述余热锅炉机组(10)产生的蒸汽进入所述汽轮机组(20)做功并发电,所述余热锅炉机组(10)包括给水加热器(101);

熔盐储能机构(30),包括低温熔盐储罐(301)、高温熔盐储罐(302)、一次熔盐加热器(303)、二次熔盐加热器(304)、低温熔盐泵(305)、高温熔盐泵(306)、高压蒸汽过热器(307)、高压蒸汽发生器(308)、低压蒸汽过热器(309)、低压蒸汽发生器(310)和第一给水泵(311);

其中,所述低温熔盐储罐(301)的熔盐出口安装所述低温熔盐泵(305),所述低温熔盐储罐(301)的熔盐出口与所述一次熔盐加热器(303)的熔盐进口连接,所述一次熔盐加热器(303)的熔盐出口与所述二次熔盐加热器(304)的熔盐进口连接,所述二次熔盐加热器(304)的熔盐出口与所述高温熔盐储罐(302)的熔盐进口连接,所述高温熔盐储罐(302)的熔盐出口安装所述高温熔盐泵(306),且与所述高压蒸汽过热器(307)的熔盐进口连接,所述高压蒸汽过热器(307)的熔盐出口与所述高压蒸汽发生器(308)的熔盐进口连接,所述高压蒸汽发生器(308)的熔盐出口与所述低压蒸汽过热器(309)的熔盐进口连接,所述低压蒸汽过热器(309)的熔盐出口与所述低压蒸汽发生器(310)的熔盐进口连接,所述低压蒸汽发生器(310)的熔盐出口与所述低温熔盐储罐(301)的熔盐进口连接;

所述给水加热器(101)的给水出口分别与所述高压蒸汽发生器(308)和所述低压蒸汽发生器(310)的给水进口连接,所述高压蒸汽发生器(308)的给水进口安装所述第一给水泵(311),所述高压蒸汽发生器(308)的蒸汽出口与所述高压蒸汽过热器(307)的蒸汽进口连接,所述高压蒸汽过热器(307)的蒸汽出口与所述汽轮机组(20)连接做功并发电,所述低压蒸汽发生器(310)的蒸汽出口与所述低压蒸汽过热器(309)的蒸汽进口连接,所述低压蒸汽过热器(309)的蒸汽出口与所述汽轮机组(20)连接做功并发电。

2. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述循环发电机构还包括循环给水机组(40),所述循环给水机组(40)包括凝结水泵(401)、除氧器(402)、凝结水储罐(403)和循环水泵(404),所述凝结水泵(401)的出水口与所述凝结水储罐(403)的进水口连接,所述凝结水储罐(403)的出水口与所述除氧器(402)的进水口连接,所述凝结水储罐(403)的出水口安装有所述循环水泵(404),所述除氧器(402)的出水口与所述给水加热器(101)的给水进口连接。

3. 如权利要求2所述的系统,其特征在于,所述循环给水机组(40)还包括凝结水管(405)和凝汽器(406),所述凝汽器(406)的出水口通过所述凝结水管(405)与所述除氧器(402)的进水口连接,所述凝结水管(405)上安装有所述凝结水泵(401)。

4. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述熔盐储能机构(30)还包括电加热式熔盐加热器(312),所述电加热式熔盐加热器(312)安装于所述二次熔盐加热器(304)的熔盐出口上,所述电加热式熔盐加热器(312)的熔盐出口与所述高温熔盐储罐(302)的熔盐进口连接。

5. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述余热锅炉机组(10)还包括余热锅炉(102)、低压汽包(103)、低压过热器(104)、高压汽包(105)、高压过热器(106)和第二给水泵(107),所述高压过热器(106)、所述高压汽包(105)、所述低压过热器(104)、所述低压汽包(103)和所述给水加热器(101)沿着烟气进口至烟气出口流动方向依次布设于所述余热锅

炉(102)内,所述给水加热器(101)的给水出口分别与所述低压汽包(103)和所述高压汽包(105)的给水进口连接,所述高压汽包(105)的给水进口安装有所述第二给水泵(107),所述高压汽包(105)的蒸汽出口与所述高压过热器(106)的蒸汽进口连接,所述高压过热器(106)的蒸汽出口与所述汽轮机组(20)连接做功并发电,所述低压汽包(103)的蒸汽出口与所述低压过热器(104)的蒸汽进口连接,所述低压过热器(104)的蒸汽出口与所述汽轮机组(20)连接做功并发电。

6.如权利要求5所述的系统,其特征在于,所述高压汽包(105)位于所述高压过热器(106)远离烟气进口一侧,所述二次熔盐加热器(304)设置于所述高压汽包(105)和所述高压过热器(106)之间,或者所述二次熔盐加热器(304)设置于所述高压过热器(106)靠近烟气进口一侧。

7.如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述汽轮机组(20)包括中高压缸(201)、低压缸(202)、第二发电机(203)以及连通管(204),所述高压蒸汽过热器(307)的蒸汽出口与所述中高压缸(201)的进汽口连接,所述低压蒸汽过热器(309)的蒸汽出口与所述低压缸(202)的进汽口连接,所述余热锅炉机组(10)的蒸汽出口分别与所述中高压缸(201)和低压缸(202)的进汽口连接,所述中高压缸(201)的出汽口通过所述连通管(204)与所述低压缸(202)进汽口连接,所述中高压缸(201)和所述低压缸(202)均与所述第二发电机(203)同轴连接,所述中高压缸(201)和所述低压缸(202)同时做功驱动所述第二发电机(203)发电。

8.如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述循环发电机构还包括燃气轮机组(50),所述燃气轮机组(50)包括燃气轮机压气机(501)、燃气轮机燃烧室(502)、燃气轮机透平(503)、第一发电机(504);所述燃气轮机压气机(501)的排气口与所述燃气轮机燃烧室(502)的进气口连接,所述燃气轮机燃烧室(502)的排气口与所述燃气轮机透平(503)的进气口连接,所述燃气轮机透平(503)排气口与所述余热锅炉(102)的进气口连接,所述燃气轮机透平(503)驱动所述第一发电机(504)发电。

9.一种用于如权利要求1所述的联合循环耦合熔盐储能深度调峰系统的方法,其特征在于,包括如下步骤:

判断所述系统是否参与电力调峰;

若所述系统参与电力调峰,判断需要降低或增加输出电负荷;

若需要降低输出电负荷,则烟气余热其中部分用于加热余热锅炉机组(10)产生蒸汽,所述余热锅炉机组(10)的蒸汽驱动汽轮机组(20)做功并发电,另一部分烟气余热用于加热熔盐储能机构(30)并进行储热;

若需要增加输出电负荷,则烟气余热全部用于加热所述余热锅炉机组(10)产生蒸汽,所述余热锅炉机组(10)的蒸汽驱动所述汽轮机组(20)做功并发电;若要继续增加输出电负荷,则还需要通过给水加热器(101)向所述熔盐储能机构(30)补充给水量,熔盐储能机构(30)放热将所述给水加热器(101)补充的给水加热为蒸汽,所述熔盐储能机构(30)的蒸汽也用于驱动所述汽轮机组(20)做功并发电。

10.如权利要求9所述的方法,其特征在于,

若需要降低输出电负荷,将另一部分烟气余热用于加热熔盐储能机构(30)并进行储热,具体步骤如下:低温熔盐储罐(301)中的低温熔盐在低温熔盐泵(305)的驱动下,依次进入一次熔盐加热器(303)和二次熔盐加热器(304)被梯级加热后,得到高温熔盐,然后将所

述高温熔盐送至高温熔盐储罐(302)内进行储存;

若要继续增加输出电负荷,具体步骤如下:所述高温熔盐储罐(302)输出的高温熔盐依次经过高压蒸汽过热器(307)、高压蒸汽发生器(308)、低压蒸汽过热器(309)和低压蒸汽发生器(310)进行梯级降温后,得到低温熔盐并储存于所述低温熔盐储罐(301)内,同时所述给水加热器(101)内的给水分别进入低压蒸汽发生器(310)和高压蒸汽发生器(308),且给水在进入所述高压蒸汽发生器(308)之前先经过第一给水泵(311)增压,所述高压蒸汽发生器(308)产生的高压蒸汽进入高压蒸汽过热器(307)进一步加热,然后蒸汽进入所述汽轮机组(20)中做功并发电,所述低压蒸汽发生器(310)产生的低压蒸汽进入低压蒸汽过热器(309)进一步加热,然后蒸汽进入所述汽轮机组(20)中做功并发电。

一种联合循环耦合熔盐储能深度调峰系统及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及节能减排技术领域,特别是涉及一种联合循环耦合熔盐储能深度调峰系统及其方法。

背景技术

[0002] 燃气-蒸汽联合循环方式以其发电效率高、建设周期短、操作运行方便等优点,成为了国际上发展最快的发电形式,这也对我国当前的电力结构调整具有重大的指导意义。然而,联合循环机组在参与电网电力调峰时,随着用电负荷及新能源电力的波动,运行负荷波动频繁,导致联合循环机组的效率大大降低,例如机组低负荷运行与满负荷运行相比,机组负荷率60%时,热耗增加8%,机组负荷率40%时,热耗将增加20%。由此,在联合循环系统中集成储能装置,以保证机组在参与电力调峰时,仍能以较高的负荷运行,提升整体系统的高效性与灵活性,则至关重要。

[0003] 因此,熔盐储能技术以其成本低、热容高、安全性好等优点,已发展成为国际上最为主流的高温储热技术。利用熔盐储能技术,以解决联合循环机组电力调峰能力不足的难题,则是极具前景的一种技术应用方式。在相关技术中,熔盐储能耦合烟气余热利用领域的调峰,高温烟气直接将低温熔盐加热成高温熔盐,然而因换热温差过大,产生了严重的不可逆损失;并且利用高温熔盐生产低参数的蒸汽用于供热,还造成了高品位的熔盐热损失。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种联合循环耦合熔盐储能深度调峰系统及其方法,该系统实现了高温烟气余热和高温熔盐热的梯级高效利用,大大降低了换热温差,减少了不可逆损失,还增加了高品质蒸汽的输出量,蒸汽输出后继续作用于汽轮机组,还大大提升了汽轮机组做功发电的能力。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用了如下技术方案:

[0006] 一种联合循环耦合熔盐储能深度调峰系统,包括:

[0007] 循环发电机构,包括汽轮机组和余热锅炉机组,所述余热锅炉机组产生的蒸汽进入所述汽轮机组做功并发电,所述余热锅炉机组包括给水加热器;

[0008] 熔盐储能机构,包括低温熔盐储罐、高温熔盐储罐、一次熔盐加热器、二次熔盐加热器、低温熔盐泵、高温熔盐泵、高压蒸汽过热器、高压蒸汽发生器、低压蒸汽过热器、低压蒸汽发生器和第一给水泵;

[0009] 其中,所述低温熔盐储罐的熔盐出口安装所述低温熔盐泵,所述低温熔盐储罐的熔盐出口与所述一次熔盐加热器的熔盐进口连接,所述一次熔盐加热器的熔盐出口与所述二次熔盐加热器的熔盐进口连接,所述二次熔盐加热器的熔盐出口与所述高温熔盐储罐的熔盐进口连接,所述高温熔盐储罐的熔盐出口安装所述高温熔盐泵,且与所述高压蒸汽过热器的熔盐进口连接,所述高压蒸汽过热器的熔盐出口与所述高压蒸汽发生器的熔盐进口连接,所述高压蒸汽发生器的熔盐出口与所述低压蒸汽过热器的熔盐进口连接,所述低压

蒸汽过热器的熔盐出口与所述低压蒸汽发生器的熔盐进口连接,所述低压蒸汽发生器的熔盐出口与所述低温熔盐储罐的熔盐进口连接;

[0010] 所述给水加热器的给水出口分别与所述高压蒸汽发生器和所述低压蒸汽发生器的给水进口连接,所述高压蒸汽发生器的给水进口安装所述第一给水泵,所述高压蒸汽发生器的蒸汽出口与所述高压蒸汽过热器的蒸汽进口连接,所述高压蒸汽过热器的蒸汽出口与所述汽轮机组连接做功并发电,所述低压蒸汽发生器的蒸汽出口与所述低压蒸汽过热器的蒸汽进口连接,所述低压蒸汽过热器的蒸汽出口与所述汽轮机组连接做功并发电。

[0011] 优选地,所述循环发电机构还包括循环给水机组,所述循环给水机组包括凝结水泵、除氧器、凝结水储罐和循环水泵,所述凝结水泵的出水口与所述凝结水储罐的进水口连接,所述凝结水储罐的出水口与所述除氧器的进水口连接,所述凝结水储罐的出水口安装有所述循环水泵,所述除氧器的出水口与所述给水加热器的给水进口连接。

[0012] 优选地,所述循环给水机组还包括凝结水管和凝汽器,所述凝汽器的出水口通过所述凝结水管与所述除氧器的进水口连接,所述凝结水管上安装有所述凝结水泵。

[0013] 优选地,所述熔盐储能机构还包括电加热式熔盐加热器,所述电加热式熔盐加热器安装于所述二次熔盐加热器的熔盐出口上,所述电加热式熔盐加热器的熔盐出口与所述高温熔盐储罐的熔盐进口连接。

[0014] 优选地,所述余热锅炉机组还包括余热锅炉、低压汽包、低压过热器、高压汽包、高压过热器和第二给水泵,所述高压过热器、所述高压汽包、所述低压过热器、所述低压汽包和所述给水加热器沿着烟气进口至烟气出口流动方向依次布设于所述余热锅炉内,所述给水加热器的给水出口分别与所述低压汽包和所述高压汽包的给水进口连接,所述高压汽包的给水进口安装有第二给水泵,所述高压汽包的蒸汽出口与所述高压过热器的蒸汽进口连接,所述高压过热器的蒸汽出口与所述汽轮机组连接做功并发电,所述低压汽包的蒸汽出口与所述低压过热器的蒸汽进口连接,所述低压过热器的蒸汽出口与所述汽轮机组连接做功并发电。

[0015] 优选地,所述高压汽包位于所述高压过热器远离烟气进口一侧,所述二次熔盐加热器设置于所述高压汽包和所述高压过热器之间,或者所述二次熔盐加热器设置于所述高压过热器靠近烟气进口一侧。

[0016] 优选地,所述汽轮机组包括中高压缸、低压缸、第二发电机以及连通管,所述高压蒸汽过热器的蒸汽出口与所述中高压缸的进汽口连接,所述低压蒸汽过热器的蒸汽出口与所述低压缸的进汽口连接,所述余热锅炉机组的蒸汽出口分别与所述中高压缸和低压缸的进汽口连接,所述中高压缸的出汽口通过所述连通管与所述低压缸进汽口连接,所述中高压缸和所述低压缸均与第二发电机同轴连接,所述中高压缸和所述低压缸同时做功驱动第二发电机发电。

[0017] 优选地,所述循环发电机构还包括燃气轮机组,所述燃气轮机组包括燃气轮机压气机、燃气轮机燃烧室、燃气轮机透平、第一发电机;所述燃气轮机压气机的排气口与所述燃气轮机燃烧室的进气口连接,所述燃气轮机燃烧室的排气口与所述燃气轮机透平的进气口连接,所述燃气轮机透平排气口与所述余热锅炉的进气口连接,所述燃气轮机透平的排气口驱动第一发电机发电。

[0018] 本发明还提供了一种用于所述的联合循环耦合熔盐储能深度调峰系统的方法,包

括如下步骤：

[0019] 判断所述系统是否参与电力调峰；

[0020] 若所述系统参与电力调峰，判断需要降低或增加输出电负荷；

[0021] 若需要降低输出电负荷，则烟气余热其中部分用于加热余热锅炉机组产生蒸汽，所述余热锅炉机组的蒸汽驱动汽轮机组做功并发电，另一部分烟气余热用于加热熔盐储能机构并进行储热；

[0022] 若需要增加输出电负荷，则烟气余热全部用于加热所述余热锅炉机组产生蒸汽，所述余热锅炉机组的蒸汽驱动所述汽轮机组做功并发电；若要继续增加输出电负荷，则还需要通过给水加热器向所述熔盐储能机构补充给水量，熔盐储能机构放热将所述给水加热器补充的给水加热为蒸汽，所述熔盐储能机构的蒸汽也用于驱动所述汽轮机组做功并发电。

[0023] 优选地，

[0024] 若需要降低输出电负荷，将另一部分烟气余热用于加热熔盐储能机构并进行储热，具体步骤如下：低温熔盐储罐中的低温熔盐在低温熔盐泵的驱动下，依次进入一次熔盐加热器和二次熔盐加热器被梯级加热后，得到高温熔盐，然后将所述高温熔盐送至高温熔盐储罐内进行储存；

[0025] 若要继续增加输出电负荷，具体步骤如下：所述高温熔盐储罐输出的高温熔盐依次经过高压蒸汽过热器、高压蒸汽发生器、低压蒸汽过热器和低压蒸汽发生器进行梯级降温后，得到低温熔盐并储存于所述低温熔盐储罐内，同时所述给水加热器内的给水分别进入低压蒸汽发生器 and 高压蒸汽发生器，且给水在进入所述高压蒸汽发生器之前先经过第一给水泵增压，所述高压蒸汽发生器产生的高压蒸汽进入高压蒸汽过热器进一步加热，然后蒸汽进入所述汽轮机组中做功并发电，所述低压蒸汽发生器产生的低压蒸汽进入低压蒸汽过热器进一步加热，然后蒸汽进入所述汽轮机组中做功并发电。

[0026] 相比现有技术，本发明的有益效果在于：

[0027] 上述技术方案中所提供的一种联合循环耦合熔盐储能深度调峰系统，是通过低温熔盐储罐中的低温熔盐经过一次熔盐加热器和二次熔盐加热器被梯级加热后，储存在高温熔盐储罐内，即对高温烟气余热进行储存，实现了高温烟气余热的梯级高效利用，大大降低了换热温差；其次，温熔盐储罐输出的高温熔盐依次经过高压蒸汽过热器、高压蒸汽发生器、低压蒸汽过热器和低压蒸汽发生器进行梯级降温后，得到低温熔盐并储存于低温熔盐储罐内，即将高温熔盐储罐中储存的热量放出，合理设计各类利用高温熔盐热的换热器的分布位置，高效地生产基于能量品位梯级匹配的不同参数蒸汽，实现高温熔盐热的梯级高效利用，大大降低了换热温差，减少了不可逆损失；此外，给水加热器的给水出口分别与高压蒸汽发生器和低压蒸汽发生器的给水进口连接，通过给水加热器补充熔盐储能机构放热时生产蒸汽所需要的给水流量，增加了高品质蒸汽的输出量，蒸汽输出后继续作用于汽轮机组，还大大提升了汽轮机组做功发电的能力。

附图说明

[0028] 图1为本发明其中一实施例中一种联合循环耦合熔盐储能深度调峰系统的示意图；

[0029] 图2为本发明另一实施例中一种联合循环耦合熔盐储能深度调峰系统的示意图；

[0030] 图3为图1所示安装了电加热式熔盐加热器后的示意图。

[0031] 附图标记说明：

[0032] 10、余热锅炉机组；101、给水加热器；102、余热锅炉；103、低压汽包；104、低压过热器；105、高压汽包；106、高压过热器；107、第二给水泵；20、汽轮机组；201、中高压缸；202、低压缸；203、第二发电机；204、连通管；30、熔盐储能机构；301、低温熔盐储罐；302、高温熔盐储罐；303、一次熔盐加热器；304、二次熔盐加热器；305、低温熔盐泵；306、高温熔盐泵；307、高压蒸汽过热器；308、高压蒸汽发生器；309、低压蒸汽过热器；310、低压蒸汽发生器；311、第一给水泵；312、电加热式熔盐加热器；40、循环给水机组；401、凝结水泵；402、除氧器；403、凝结水储罐；404、循环水泵；405、凝结水管；406、凝汽器；50、燃气轮机组；501、燃气轮机压气机；502、燃气轮机燃烧室；503、燃气轮机透平；504、第一发电机；601、一号阀门；602、二号阀门；603、三号阀门；604、四号阀门；605、五号阀门；606、六号阀门；607、七号阀门；608、八号阀门；609、九号阀门；610、十号阀门；611、十一号阀门；612、十二号阀门；613、十三号阀门；614、十四号阀门；615、十五号阀门；616、十六号阀门；617、十七号阀门。

具体实施方式

[0033] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0034] 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。此外，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。

[0035] 在本发明的描述中，需要说明的是，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，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；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接。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。

[0036] 本发明实施例中提供了一种联合循环耦合熔盐储能深度调峰系统，该系统对高温烟气余热以及高温熔盐热的梯级高效利用，大大降低了换热温差，减少了不可逆损失，还能够补充熔盐储能机构30放热时生产蒸汽所需要的给水流量，增加了高品质蒸汽的输出量，并将蒸汽作用于汽轮机组20，大大提升了汽轮机组20做功发电的能力。

[0037] 请参阅图1-图3，在其中一实施例中，该系统至少包括循环发电机构，循环发电机构包括燃气轮机组50，燃气轮机组50包括燃气轮机压气机501、燃气轮机燃烧室502、燃气轮机透平503、第一发电机504；燃气轮机压气机501的排气口与燃气轮机燃烧室502的进气口连接，燃气轮机燃烧室502的排气口与燃气轮机透平503的进气口连接，燃气轮机透平503的排气口驱动第一发电机504发电，燃气轮机透平503排气口与余热锅炉102的进气口连接。燃气轮机透平503排出的气体为烟气，本发明对该烟气的余热进行利用。

[0038] 为了对该烟气余热进行利用,循环发电机构还包括汽轮机组20、余热锅炉机组10和循环给水机组40,余热锅炉机组10产生的蒸汽进入汽轮机组20做功并发电;该系统还包括熔盐储能机构30。

[0039] 汽轮机组20,包括中高压缸201、低压缸202、第二发电机203以及连通管204,高压蒸汽过热器307的蒸汽出口与中高压缸201的进汽口连接。

[0040] 低压蒸汽过热器309的蒸汽出口与低压缸202的进汽口连接,余热锅炉机组10的蒸汽出口分别与中高压缸201和低压缸202的进汽口连接,中高压缸201的出汽口通过连通管204与低压缸202进汽口连接,中高压缸201和低压缸202均与第二发电机203同轴连接,中高压缸201和低压缸202同时做功驱动第二发电机203发电。

[0041] 循环给水机组40,包括凝结水泵401、除氧器402、凝结水储罐403、循环水泵404、凝结水管405和凝汽器406。

[0042] 余热锅炉机组10,包括余热锅炉102、给水加热器101、低压汽包103、低压过热器104、高压汽包105、高压过热器106和第二给水泵107,高压过热器106、高压汽包105、低压过热器104、低压汽包103和给水加热器101沿着烟气进口至烟气出口流动方向依次布设于余热锅炉102内。

[0043] 回路一:为了将来自燃气轮机透平503的高温烟气用于加热给水来生产蒸汽,然后蒸汽进入汽轮机组20内做功发电。具体地,打开并调节一号阀门601、二号阀门602、五号阀门605、七号阀门607、八号阀门608、十号阀门610与十五号阀门615,给水经过给水加热器101进行加热后分成两路给水,给水加热器101的给水出口分别与低压汽包103和高压汽包105的给水进口连接。

[0044] 其中一支路:在低压汽包103的给水进口安装有一号阀门601,低压汽包103的蒸汽出口与低压过热器104的蒸汽进口连接,低压汽包103产生的低压蒸汽再进入低压过热器104进一步加热,低压过热器104的蒸汽出口安装有五号阀门605,低压过热器104的蒸汽出口与低压缸202的进汽口连接,低压过热器104的蒸汽直接进入汽轮机低压缸202进行做功。另一支路:高压汽包105的给水进口安装有第二给水泵107和二号阀门602,进入高压汽包105的给水先经过一号给水泵进行增压,高压汽包105的蒸汽出口与高压过热器106的蒸汽进口连接,高压汽包105产生的高压蒸汽再进入高压过热器106进一步加热,高压过热器106的蒸汽出口与中高压缸201的蒸汽进口连接,高压过热器106的蒸汽出口安装有八号阀门608,高压过热器106中的蒸汽依次进入汽轮机中中高压缸201与汽轮机低压缸202进行做功,中高压缸201的蒸汽进口安装有十号阀门610,中高压缸201的出汽口通过连通管204与低压缸202的进汽口连接,且在连通管204上安装有七号阀门607,中高压缸201和低压缸202同时做功驱动第二发电机203进行发电。

[0045] 低压缸202的出汽口与凝汽器406的乏汽进口连接,凝汽器406的凝结水出水口通过凝结水管405与除氧器402的进水口连接,且在凝结水管405上沿着水流动方向依次安装有凝结水泵401和十五号阀门615,除氧器402的出水口与给水加热器101的给水进口连接,从而形成回路一。

[0046] 作为优选的实施方式,利用凝结水储罐403来满足该系统参与电力调峰时的凝结水需求,凝结水泵401的出水口与凝结水储罐403的进水口连接,且在凝结水储罐403的进水口安装有十六号阀门616,凝结水储罐403的出水口与除氧器402的进水口连接,凝结水储罐

403的出水口安装有循环水泵404和十七号阀门617,除氧器402的出水口与给水加热器101的给水进口连接。

[0047] 可以理解的,当该系统参与电力调峰需要降低输出电负荷时,打开并调节十五号阀门615和十六号阀门616,关闭十七号阀门617,减少通过凝结水泵401输送至除氧器402的凝结水量,来自凝结水泵401的多余的凝结水直接输送至凝结水储罐403进行储存,由此减少余热锅炉102输送至汽轮机组20的过热蒸汽流量,降低汽轮机组20做功能力,从而降低第二发电机203输出的电负荷来满足电力调峰需求。

[0048] 当该系统参与电力调峰需要增加输出电负荷时,打开并调节十五号阀门615和十七号阀门617,关闭十六号阀门616,凝结水储罐403对该系统的不足凝结水量进行补充。当该系统参与电力调峰需要继续增加输出电负荷时,还能补充熔盐储能机构30放热时生产蒸汽所需要的给水量。

[0049] 熔盐储能机构30具体实施方式:熔盐储能机构30包括低温熔盐储罐301、高温熔盐储罐302、一次熔盐加热器303、二次熔盐加热器304、低温熔盐泵305、高温熔盐泵306现有技术、高压蒸汽过热器307、高压蒸汽发生器308、低压蒸汽过热器309、低压蒸汽发生器310和第一给水泵311。

[0050] 其中,如图1、图3所示,高压汽包105位于高压过热器106远离烟气进口一侧,二次熔盐加热器304设置于高压汽包105和高压过热器106之间,即二次熔盐加热器304布置于高压汽包105靠近烟气上游一侧。一次熔盐加热器303和二次熔盐加热器304均布置于低压过热器104位于烟气进口一侧。

[0051] 回路二:由熔盐储能机构30储能或放热。

[0052] 当该系统参与电力调峰且需要降低输出电负荷时,为了使汽轮机组20保持低负荷运行,需要将来自燃气轮机透平503的一部分烟气余热储存在熔盐储能机构30内。具体地,打开并调节十一号阀门611与十二号阀门612。

[0053] 低温熔盐储罐301的熔盐出口安装低温熔盐泵305和十一号阀门611,一次熔盐加热器303布置在余热锅炉102内的高压汽包105与低压过热器104之间,低温熔盐储罐301的熔盐出口与一次熔盐加热器303的熔盐进口连接,一次熔盐加热器303的熔盐出口与二次熔盐加热器304的熔盐进口连接,二次熔盐加热器304的熔盐出口与高温熔盐储罐302的熔盐进口连接,在高温熔盐储罐302的熔盐进口安装有十二号阀门612。

[0054] 可以理解的是,低温熔盐储罐301中的低温熔盐在低温熔盐泵305的驱动下,依次进入一次熔盐加热器303和二次熔盐加热器304被梯级加热后,得到高温熔盐,将高温熔盐送至高温熔盐储罐302内进行储存,即对高温烟气余热进行储存,实现了高温烟气余热的梯级高效利用,大大降低了换热温差,减少了不可逆损失。利用熔盐储能机构30对高温烟气余热进行储存,避免了优先选择降低燃气轮机组50运行负荷,较大程度上保证了循环发电机构的高效率运行。

[0055] 当该系统参与电力调峰且需要继续增加输出电负荷时,利用熔盐储能机构30放热产生的蒸汽输送至汽轮机组20,来进一步提升汽轮机组20的运行负荷,从而增加该系统的输出电负荷。

[0056] 具体地,高温熔盐储罐302的熔盐出口安装高温熔盐泵306和十三号阀门613,且与高压蒸汽过热器307的熔盐进口连接,高压蒸汽过热器307的熔盐出口与高压蒸汽发生器

308的熔盐进口连接,高压蒸汽发生器308的熔盐出口与低压蒸汽过热器309的熔盐进口连接,低压蒸汽过热器309熔盐的出口与低压蒸汽发生器310的熔盐进口连接,低压蒸汽发生器310的熔盐出口与低温熔盐储罐301的熔盐进口连接,在低温熔盐储罐301的熔盐进口安装有十四号阀门614。

[0057] 可以理解的是,高温熔盐储罐302输出的高温熔盐依次经过高压蒸汽过热器307、高压蒸汽发生器308、低压蒸汽过热器309和低压蒸汽发生器310进行梯级降温后,得到低温熔盐并储存于低温熔盐储罐301内,即将高温熔盐储罐302中储存的热量放出,从高温熔盐储罐302至低温熔盐储罐301,基于能量梯级利用原理,合理设计各类利用高温熔盐热的换热器的分布位置,高效地生产基于能量品位梯级匹配的不同参数蒸汽,将高温熔盐储罐302中储存的热量放出,既实现高温熔盐热的梯级高效利用,大大降低了换热温差,更加减少了不可逆损失,又增加了高品质蒸汽的输出量,大大提升了汽轮机做功能力。高温熔盐储罐302放出的热量与回路三中从给水加热器101输出的热量一起使用,蒸汽输出后作用于汽轮机20中发电,来进一步提升汽轮机20的运行负荷,从而增加该系统的输出电负荷。

[0058] 回路三:当该系统参与电力调峰且需要继续增加输出电负荷时,利用熔盐储能机构30放热产生的蒸汽输送至汽轮机20,来进一步提升汽轮机20的运行负荷,从而增加该系统的输出电负荷。具体地,打开并调节三号阀门603、四号阀门604、九号阀门609、十三号阀门613与十四号阀门614,关闭十一号阀门611与十二号阀门612。给水经过给水加热器101加热后分成两路给水,给水加热器101的给水出口分别与高压蒸汽发生器308和低压蒸汽发生器310的给水进口连接。

[0059] 其中一支路:高压蒸汽发生器308的给水进口安装有四号阀门604和第一给水泵311,进入高压蒸汽发生器308的给水先经过第一给水泵311进行增压,高压蒸汽发生器308的蒸汽出口与高压蒸汽过热器307的蒸汽进口连接,高压蒸汽发生器308产生的高压蒸汽再进入高压蒸汽过热器307进一步加热,高压蒸汽过热器307的蒸汽出口与中高压缸201的进汽口连接,且在高压蒸汽过热器307的蒸汽出口安装有九号阀门609,高压蒸汽过热器307中的蒸汽依次进入汽轮机中中高压缸201与汽轮机低压缸202进行做功。另一支路:低压蒸汽发生器310的给水进口安装有三号阀门603,低压蒸汽发生器310的蒸汽出口与低压蒸汽过热器309的蒸汽进口连接,低压蒸汽发生器310产生的低压蒸汽再进入低压蒸汽过热器309进一步加热,低压蒸汽过热器309的蒸汽出口安装有六号阀门606,低压蒸汽过热器309的蒸汽出口与低压缸202的进汽口连接,低压蒸汽过热器309的蒸汽直接进入汽轮机低压缸202进行做功。汽轮机中中高压缸201和汽轮机低压缸202同时做功驱动第二发电机203进行发电。

[0060] 可以理解的是,回路三中给水加热器101通过与高压蒸汽发生器308和低压蒸汽发生器310连接,补充熔盐储能机构30放热时生产蒸汽所需要的给水流量,增加了高品质蒸汽的输出量。同时,当该系统参与电力调峰且需要继续增加输出电负荷时,回路三结合回路一共同对汽轮机20做功,两回路的蒸汽输出后均作用于汽轮机20中,大大提升了汽轮机20做功发电的能力。

[0061] 另外,如图3所示,熔盐储能机构30还包括电加热式熔盐加热器312,电加热式熔盐加热器312安装于二次熔盐加热器304的熔盐出口上,电加热式熔盐加热器312的熔盐出口与高温熔盐储罐302的熔盐进口连接。

[0062] 可以理解的是,当汽轮机组20和燃气轮机组50均需保持低负荷运行时,来自燃气轮机透平503的高温烟气,先用于加热余热锅炉机组10中的给水产生蒸汽,由蒸汽来驱动汽轮机组20做功发电,再用于加热熔盐进行储热,此时,高温烟气余热不足使得低温熔盐无法被高温烟气加热至所设定的温度,则低温熔盐储罐301的低温熔盐依次进入一次熔盐加热器303与二次熔盐加热器304被梯级加热后,再进入电加热式熔盐加热器312来利用电能对熔盐进一步加热至所设定的温度,然后返回至高温熔盐储罐302进行储存。因此,通过电加热式熔盐加热器312利用电能对熔盐进行补充加热,既弥补了高温烟气余热的不足,保证了熔盐储能机构30进行储热时所需的熔盐温度,又通过电加热式熔盐加热器312消耗一部分输出电负荷来满足电力调峰的降负荷需求,使得燃气轮机组50参与电力调峰时的运行负荷相对降低的少一些,进一步有效保证循环发电机构的高效率运行。

[0063] 请参阅图2,在其中另一实施例中,与上一实施例的主要区别在于,在本实施例中,二次熔盐加热器304设置于高压过热器106靠近烟气进口一侧。一次熔盐加热器303和二次熔盐加热器304均布置于低压过热器104位于烟气进口一侧,具有与上一实施例相似的技术效果。

[0064] 请继续参阅图1-图3,本发明实施例中还提供了一种用于联合循环耦合熔盐储能深度调峰系统的调节方法,包括如下步骤:

[0065] 判断系统是否参与电力调峰。

[0066] 若该系统不参与电力调峰时,燃气轮机组50与汽轮机组20均保持高负荷运行,以保证循环发电机构高效率运行,来自燃气轮机透平503的高温烟气全部用于加热给水来生产蒸汽,然后进入汽轮机组20做功发电,此时,打开并调节一号阀门601、二号阀门602、五号阀门605、七号阀门607、八号阀门608、十号阀门610与十五号阀门615,来自除氧器402的给水经过给水加热器101进行加热后分成两路给水,分别进入低压汽包103与高压汽包105,且进入高压汽包105的给水先经过一号给水泵进行增压,高压汽包105产生的高压蒸汽再进入高压过热器106进一步加热,然后依次进入中高压缸201与低压缸202进行做功;低压汽包103产生的低压蒸汽再进入低压过热器104进一步加热,然后直接进入低压缸202进行做功,中高压缸201和低压缸202同时做功驱动第二发电机203进行发电,汽轮机组20做功后产生的乏汽进入凝汽器406形成凝结水,然后再通过凝结水泵401返回至除氧器402。

[0067] 若系统参与电力调峰,判断需要降低或增加输出电负荷。

[0068] 若需要降低输出电负荷时,燃气轮机组50需保持高负荷运行,汽轮机组20保持低负荷运行,来自燃气轮机透平503的高温烟气,其中部分用于加热余热锅炉机组10产生蒸汽,余热锅炉机组10的蒸汽驱动汽轮机组20做功并发电,另一部分烟气余热用于加热熔盐储能机构30并进行储热。可以理解的是,优先选择降低汽轮机组20的运行负荷,并仍保持燃气轮机组50高负荷运行,此时利用熔盐储能机构30的蓄热对过量的高温烟气余热进行储存,由此既保证了循环发电机构的高效率运行,又避免了烟气余热的直接排放损失。

[0069] 具体地,打开并调节十五号阀门615和十六号阀门616,关闭十七号阀门617,减少通过凝结水泵401输送至除氧器402的凝结水量,来自凝结水泵401的多余的凝结水直接输送至凝结水储罐403进行储存,打开并调节一号阀门601、二号阀门602、五号阀门605、七号阀门607、八号阀门608与十号阀门610,相对应地减少除氧器402输送至余热锅炉102的给水流量,由此减少余热锅炉102输送至汽轮机组20的过热蒸汽流量,降低汽轮机组20做功能

力,从而降低第二发电机203输出的电负荷来满足电力调峰需求。

[0070] 同时,打开并调节十一号阀门611与十二号阀门612,低温熔盐储罐301的低温熔盐在低温熔盐泵305的驱动下,依次进入一次熔盐加热器303与二次熔盐加热器304被梯级加热成高温熔盐,然后返回至高温熔盐储罐302进行储存,从而通过熔盐储能系统对高温烟气余热进行储存。实现了高温烟气余热的梯级高效利用,大大降低了换热温差,减少了不可逆损失。利用熔盐储能机构30对高温烟气余热进行储存,避免了优先选择降低燃气轮机组50运行负荷,较大程度上保证了循环发电机构的高效率运行。

[0071] 如图3所示,若该系统参与电力调峰且还需要继续降低输出电负荷时,汽轮机组20和燃气轮机组50均需保持低负荷运行,可以理解的是,选择同时降低燃气轮机组50与汽轮机组20的运行负荷,此时利用熔盐储能机构30蓄热对过量的高温烟气余热进行储存,来使得汽轮机组20的运行负荷得到进一步降低,并通过电加热式熔盐加热器312消耗一部分电负荷用于加热熔盐,来通过熔盐储能系统进行储存,由此避免了燃气轮机组50的运行负荷过低,从而保障了联合循环发电系统的运行效率。

[0072] 具体地,来自燃气轮机透平503的高温烟气,先用于加热给水产生蒸汽来驱动汽轮机组20做功发电,来自除氧器402的给水经过给水加热器101进行加热后分成两路给水,分别进入低压汽包103与高压汽包105,最后再作用于中高压缸201和低压缸202上,使得中高压缸201和低压缸202同时做功驱动第二发电机203进行发电,具体循环回路不再赘述,可参阅上述系统不参与电力调峰时。

[0073] 来自燃气轮机透平503的高温烟气再用于加热熔盐进行储热,由于燃气轮机组50低负荷运行时,烟气流量及温度均会降低,因此高温烟气余热不足,使得熔盐无法被高温烟气加热至所设定的温度,则低温熔盐储罐301的低温熔盐依次进入一次熔盐加热器303与二次熔盐加热器304被梯级加热后,再进入电加热式熔盐加热器312来利用电能对熔盐进一步加热至所设定的温度,然后返回至高温熔盐储罐302进行储存。

[0074] 若需要增加输出电负荷,则燃气轮机组50与汽轮机组20均需保持高负荷运行,以保证循环发电机构高效率运行,来自燃气轮机透平503的高温烟气余热全部用于加热余热锅炉机组10中的给水产生蒸汽,然后余热锅炉机组10的蒸汽驱动汽轮机组20做功并发电。

[0075] 具体地,打开并调节一号阀门601、二号阀门602、五号阀门605、七号阀门607、八号阀门608、十号阀门610与十五号阀门615,来自除氧器402的给水经过给水加热器101进行加热后分成两路给水,分别进入低压汽包103与高压汽包105,且进入高压汽包105的给水先经过一号给水泵进行增压,高压汽包105产生的高压蒸汽再进入高压过热器106进一步加热,然后依次进入中高压缸201与低压缸202进行做功,低压汽包103产生的低压蒸汽再进入低压过热器104进一步加热,然后直接进入低压缸202进行做功,中高压缸201和低压缸202同时做功驱动第二发电机203进行发电,汽轮机组20做功后产生的乏汽进入凝汽器406形成凝结水,然后再通过凝结水泵401返回至除氧器402,同时,打开并调节十七号阀门617,关闭十六号阀门616,利用凝结水储罐403对联合循环发电系统的不足凝结水流量进行补充。

[0076] 若要继续增加输出电负荷,不仅燃气轮机组50与汽轮机组20需保持高负荷运行,还需要通过熔盐储能机构30放热将给水加热器101补充的给水加热为蒸汽,产生的蒸汽用于驱动汽轮机组20做功并发电,来进一步提升汽轮机组20的运行负荷,进一步增加输出电负荷。给水加热器101进行加热后分成两路给水,继续分别进入低压汽包103与高压汽包

105,最后在汽轮机组20中做功发电,具体步骤不再赘述。

[0077] 此外还需结合以下步骤:打开并调节三号阀门603、四号阀门604、九号阀门609、十三号阀门613与十四号阀门614,关闭十一号阀门611与十二号阀门612,来自除氧器402的给水经过给水加热器101进行加热后再分成两路给水,分别进入低压蒸汽发生器310与高压蒸汽发生器308,进入高压蒸汽发生器308的给水先经过第一给水泵311进行增压,高压蒸汽发生器308产生的高压蒸汽再进入高压蒸汽过热器307进一步加热,然后依次进入汽轮机中中高压缸201与汽轮机低压缸202进行做功;低压蒸汽发生器310产生的低压蒸汽再进入低压蒸汽过热器309进一步加热,然后直接进入汽轮机低压缸202进行做功,汽轮机中中高压缸201和汽轮机低压缸202同时做功驱动第二发电机203进行发电,汽轮机组20做功后产生的乏汽进入凝汽器406形成凝结水。打开并调节十七号阀门617,关闭十六号阀门616,还利用凝结水储罐403补充熔盐储能系统放热时生产蒸汽所需要的给水流量。给水加热器101通过与高压蒸汽发生器308和低压蒸汽发生器310连接,补充熔盐储能机构30放热时生产蒸汽所需要的给水流量,增加了高品质蒸汽的输出量。

[0078] 并且,高温熔盐储罐302输出的高温熔盐依次经过高压蒸汽过热器307、高压蒸汽发生器308、低压蒸汽过热器309和低压蒸汽发生器310进行梯级降温后,得到低温熔盐并储存于低温熔盐储罐301内。

[0079] 可以理解的,从高温熔盐储罐302至低温熔盐储罐301,基于能量梯级利用原理,合理设计各类利用高温熔盐热的换热器的分布位置,高效地生产基于能量品位梯级匹配的不同参数蒸汽,将高温熔盐储罐302中储存的热量放出,既实现高温熔盐热的梯级高效利用,大大降低了换热温差,减少了不可逆损失,又增加了高品质蒸汽的输出量,大大提升了汽轮机做功能力。高温熔盐储罐302放出的热量,与从给水加热器101输出至低压蒸汽发生器310和高压蒸汽发生器308内的热量一起使用,蒸汽输出后作用于汽轮机组20中发电,来进一步提升汽轮机组20的运行负荷,从而实现增加输出电负荷。

[0080] 上述实施方式仅为本发明的优选实施方式,不能以此来限定本发明保护的范围,本领域的技术人员在本发明的基础上所做的任何非实质性的变化及替换均属于本发明所要求保护的范围。

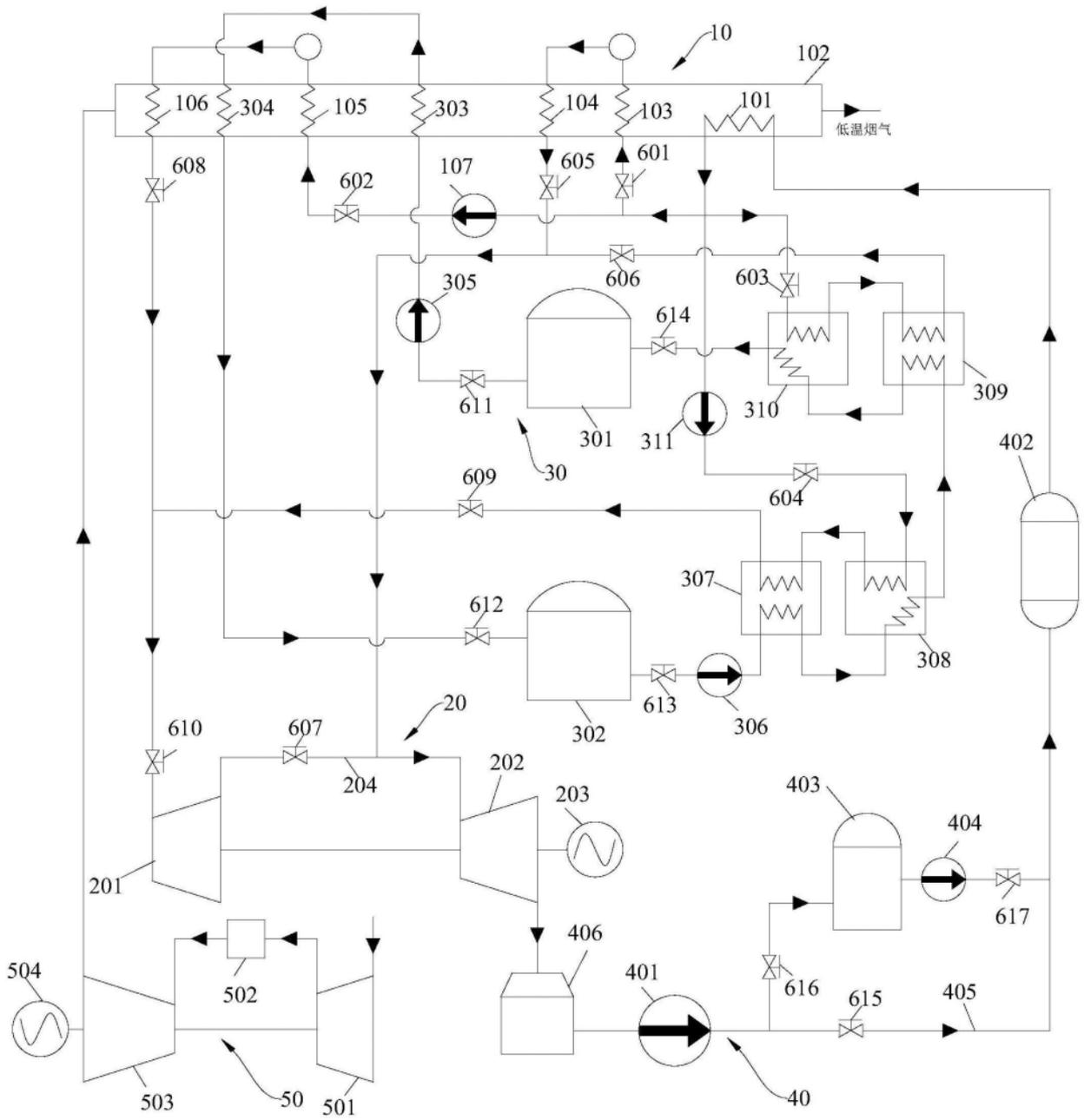


图1

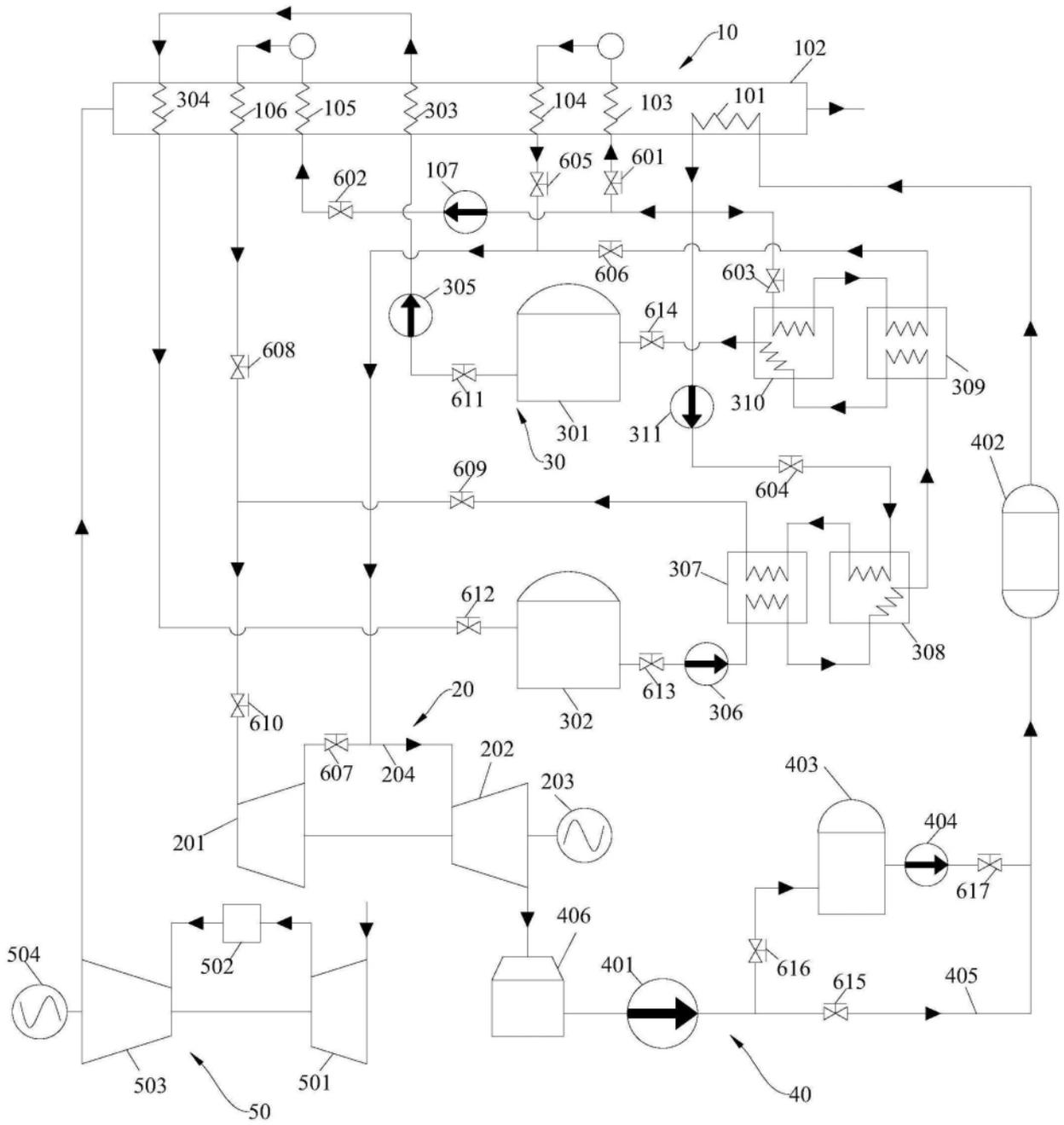


图2

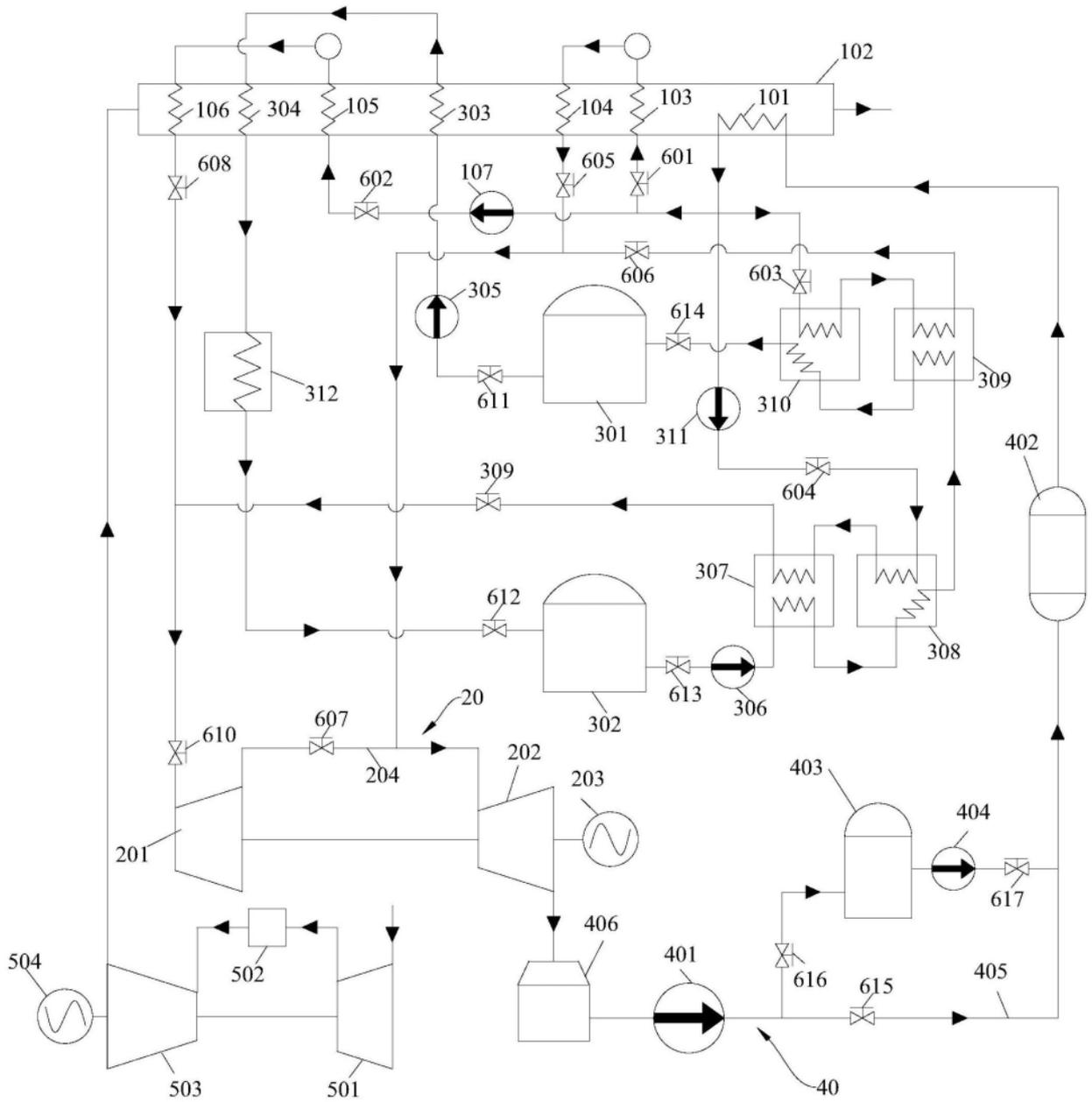


图3