



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112856544 B

(45) 授权公告日 2022. 02. 22

(21) 申请号 202110012725.2

F24D 3/10 (2006.01)

(22) 申请日 2021.01.06

F24D 19/10 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

F22B 1/02 (2006.01)

申请公布号 CN 112856544 A

F23J 15/06 (2006.01)

F28D 20/00 (2006.01)

(43) 申请公布日 2021.05.28

(56) 对比文件

(73) 专利权人 山东大学

CN 111623402 A, 2020.09.04

地址 250061 山东省济南市历下区经十路
17923号

CN 106761981 A, 2017.05.31

CN 111928228 A, 2020.11.13

CN 104533551 A, 2015.04.22

(72) 发明人 徐震

WO 2020191564 A1, 2020.10.01

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

审查员 杨裔

代理人 王志坤

(51) Int. Cl.

F01K 7/34 (2006.01)

F01K 17/02 (2006.01)

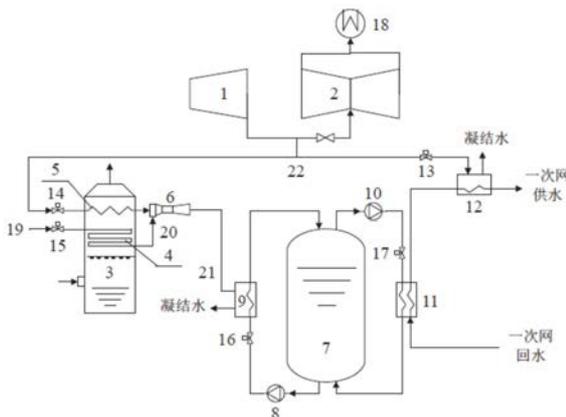
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

排烟余热回收和储热联合提高热机组灵活性的方法及系统

(57) 摘要

本发明涉及热电联产与余热回收供热技术领域,具体涉及一种排烟余热回收和储热联合提高热机组灵活性的方法及系统,系统包括余热回收单元、储热单元、热网加热器、中压缸、低压缸及连接管道;余热回收单元包括取热管束、加热管束和引射器,储热单元包括储热罐、凝汽器和放热换热器,放热换热器冷侧出口与热网加热器冷侧进口连通;热网加热器冷侧出口连接一次网供水管路;中压缸与低压缸连接管道上设置抽气管道,抽气管道分为两路,一路与加热管束进口连通,另一路与热网加热器的热侧进口连通。通过深度回收利用锅炉排烟余热,增加了发电机组的供热能力,提高了发电机组的热效率;拓宽补偿热源来源,增加发电机组的热电比调节范围及连续调节能力。



1. 一种排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,包括余热回收单元、储热单元、热网加热器、中压缸、低压缸及连接管道;

余热回收单元包括取热管束、加热管束和引射器,取热管束和加热管束依次内置于脱硫塔内部,取热管束出口与引射器的低压蒸汽进口连通,加热管束出口与引射器的驱动蒸汽进口连通;

储热单元包括储热罐、凝汽器和放热换热器,凝汽器热侧进口与引射器中压蒸汽出口连通,凝汽器冷侧进口与储热罐底部连通,凝汽器冷侧出口与储热罐顶部连通,放热换热器热侧进口与储热罐顶部连通,放热换热器热侧出口与储热罐底部连通,放热换热器冷侧进口连接一次网回水管路;

放热换热器冷侧出口与热网加热器冷侧进口连通;热网加热器冷侧出口连接一次网供水管路;

中压缸与低压缸连接管道上设置抽气管道,抽气管道分为两路,一路与加热管束进口连通,另一路与热网加热器的热侧进口连通;

所述引射器利用喷嘴喷射驱动蒸汽,在取热管束内部建立真空环境,将低压饱和蒸汽吸入引射器,与驱动蒸汽混合、升压成为引射器排汽,由引射器出口排出;

所述系统的运行方法如下:

(1) 在热电机组运行的所有时段,包括调峰时段和非调峰时段,余热回收单元连续运行,同时储热单元的冷水循环泵也连续运行,由储热罐底部抽取的冷水,在凝汽器中被引射器排汽加热至储热温度,然后进入储热罐顶部,所储存热量来自于回收的排烟余热和用作引射器驱动蒸汽的中压缸排汽;

(2) 在热电机组的非调峰时段,热电机组按照以热定电方式运行,储热单元不需要承担供热负荷,热水循环泵和热水调节阀关闭,一次网回水仅在热网换热器中被中压缸排汽加热,在放热换热器中不换热;

(3) 在热电机组的下调峰时段,热电机组降负荷运行,储热单元采取边储热边放热运行,热水循环泵开启,从储热罐顶部抽取的热水,在放热换热器中与一次网回水换热、冷却后输送至储热罐底部,被加热的一次网回水继续进入热网换热器,被进一步加热至一次网供水温度对外供热,从而补偿热电机组低负荷时的供热能力;利用热水调节阀改变储热罐的放热功率,使热电机组的发电功率连续调节,达到可再生能源电力的连续调节需求;

(4) 在热电机组的上调峰时段,热电机组满负荷运行,储热单元采取边储热边放热运行,利用热水调节阀将储热罐放热功率调至最大,减小进入热网加热器的中压缸抽气流量,实现满足供热负荷条件的机组最大发电功率。

2. 如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,所述取热管束和加热管束位于脱硫塔内部的浆液喷淋层的上方;

所述取热管束的换热管为毛细光管,采用蛇形布置。

3. 如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,所述取热管束内软化水与管外燃煤烟气的流动方式为逆流式。

4. 如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,所述取热管束进口前管路上具有软化水调节阀,以调节软化水流量。

5. 如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征

在于,所述取热管束进口处的软化水处于常温过冷状态,受毛细管的节流作用,在流动至管束出口的过程中逐渐达到饱和状态并完全汽化为低压饱和蒸汽。

6.如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,所述加热管束进口前管路上具有第二蒸汽调节阀。

7.如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,所述加热管束进口前管路上增加喷水减温器。

8.如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,所述热网加热器热侧进口前管路上具有第一蒸汽调节阀。

9.如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,所述凝汽器和热网加热器,采用板式换热器或管壳式换热器,蒸汽凝结水返回热电机组的锅炉除氧器循环利用。

10.如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,所述放热换热器为管壳式或板式换热器。

11.如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,所述引射器,根据工艺参数不同,采用单级或两级串联方式。

12.如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,所述储热罐,采用单罐储热或双罐储热方式;储热罐用于存储储热介质;所述储热介质采用水。

13.如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,凝汽器冷侧进口与储热罐底部之前设置有冷水调节阀和冷水循环泵;

或者,放热换热器热侧进口与储热罐顶部之间设置有热水调节阀和热水循环泵。

14.如权利要求1所述的排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,其特征在于,所述方法与切缸方法共同使用,以增加热电调节范围。

排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及热电联产与余热回收供热技术领域,具体涉及一种排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的方法及系统。

背景技术

[0002] 公开该背景技术部分的信息仅仅旨在增加对本发明的总体背景的理解,而不必然被视为承认或以任何形式暗示该信息构成已经成为本领域一般技术人员所公知的现有技术。

[0003] 近年来,我国可再生能源电力装机容量快速增长,但随之而来的三北地区冬季供暖期弃风、弃光现象十分严重。究其原因,在于热电联产机组因热电耦合的固有特性,为保证供热不得不高出力发电,从而挤占了可再生能源电力上网的空间。为此,燃煤机组需要承担电网的灵活调峰任务,并大力推进热电联产机组的热电解耦改造以提高可再生能源电力的电网渗透率。

[0004] 现阶段,热电联产机组进行热电解耦改造采用的方法主要有电锅炉、蒸汽旁路、切除低压缸和储热等。这些方法具体的技术路线虽然差异很大,但本质上都是为热电联产机组的短期调峰配置补偿热源。电锅炉和蒸汽旁路原理上是利用电厂锅炉空闲容量,将电或用于发电的新汽直接供热,从而在增加热电联产机组供热负荷的同时,降低最小技术出力。切除低压缸是指汽轮机低压缸不进汽,达到低压缸零出力,实现机组背压运行,从而将抽凝运行的冷端损失用于供热,并减小机组出力。储热是通过存储用电高峰时段的部分供热负荷,补偿用电低谷时段的供热能力,使机组降至最小技术出力。现有热电解耦改造技术皆可提高热电联产机组的运行灵活性和下调峰能力,但对提高机组上调峰能力无效(储热除外)。多年实践表明,电锅炉和蒸汽旁路会大幅增加抽凝机组的煤耗率,技术经济性不佳,这是由于两者直接将高品位的电能或高压高温蒸汽用于供热,属于“高能低用”,从而导致能源浪费。相比之下,切除低压缸和储热技术不增加供热系统煤耗,经济性更好,但切缸运行时热电机组的运行点固定,不能满足连续跟踪波动性发电负荷的调峰需求,而储热虽可实现热电机组的发电功率连续调节,但其补偿供热能力受热电机组可供存储的热能制约,故两者的调峰能力较差。此外,还有人提出利用压缩式或吸收式热泵回收循环水余热以扩大热电机组供热能力的方法,该方法本质上与切除低压缸相同,即充分利用冷端余热供热,但系统复杂、初投资高。

[0005] 电厂锅炉的热效率普遍为90%左右,若考虑充分燃烧和潜热损失,锅炉排烟余热占比超过煤炭低位发热量的10%。从拓宽热电机组供热能力角度出发,排烟余热是很好的补偿热源,但这部分热量是以45-55℃的饱和湿烟气形式排放,难以深度回收利用,在现阶段的热电解耦改造技术中往往被忽视。

发明内容

[0006] 为了解决现有技术中的上述问题,本发明的目的是提供一种排烟余热回收和储热

联合提高热电机组灵活性的方法及系统,提供一种新型的热电联产机组灵活性改造方法,来解决上述问题。

[0007] 为了达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0008] 在本发明的第一方面,提供一种排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的系统,包括余热回收单元、储热单元、热网加热器、中压缸、低压缸及连接管道;

[0009] 余热回收单元包括取热管束、加热管束和引射器,取热管束和加热管束依次内置于脱硫塔内部,取热管束出口与引射器的低压蒸汽进口连通,加热管束出口与引射器的驱动蒸汽进口连通;

[0010] 储热单元包括储热罐、凝汽器和放热换热器,凝汽器热侧进口与引射器蒸汽出口连通,凝汽器冷侧进口与储热罐底部连通,凝汽器冷侧出口与储热罐顶部连通,放热换热器热侧进口与储热罐顶部连通,放热换热器热侧出口与储热罐底部连通,放热换热器冷侧进口连接一次网回水管路;

[0011] 放热换热器冷侧出口与热网加热器冷侧进口连通;热网加热器冷侧出口连接一次网供水管路;

[0012] 中压缸与低压缸连接管道上设置抽气管道,抽气管道分为两路,一路与加热管束进口连通,另一路与热网加热器的热侧进口连通。

[0013] 在本发明的第二方面,提供一种排烟余热回收和储热联合提高热电机组灵活性的方法,其是基于第一方面所述系统完成的,运行方式如下:

[0014] (1) 在热电机组运行的所有时段,包括调峰时段和非调峰时段,余热回收单元连续运行,同时储热单元的冷水循环泵也连续运行,由储热罐底部抽取的冷水,在凝汽器中被引射器排汽加热至储热温度,然后进入储热罐顶部,所储存热量来自于回收的排烟余热和用作引射器驱动蒸汽的中压缸排汽;

[0015] (2) 在热电机组的非调峰时段,热电机组按照以热定电方式运行,储热单元不需要承担供热负荷,热水循环泵和热水调节阀关闭,一次网回水仅在热网换热器中被中压缸排汽加热,在放热换热器中不换热;

[0016] (3) 在热电机组的下调峰时段,热电机组降负荷运行,储热单元采取边储热边放热运行,热水循环泵开启,从储热罐顶部抽取的热水,在放热换热器中与一次网回水换热、冷却后输送至储热罐底部,被加热的一次网回水继续进入热网换热器,被进一步加热至一次网供水温度对外供热,从而补偿热电机组低负荷时的供热能力;利用热水调节阀改变储热罐的放热功率,使热电机组的发电功率连续调节,达到可再生能源电力的连续调节需求;

[0017] (4) 在热电机组的上调峰时段,热电机组满负荷运行,储热单元采取边储热边放热运行,利用热水调节阀将储热罐放热功率调至最大,减小进入热网加热器的中压缸抽气流量,实现满足供热负荷条件的机组最大发电功率。

[0018] 本发明的具体实施方式具有以下有益效果:

[0019] (1) 基于水的低真空汽化原理实现脱硫湿烟气显热和潜热的深度回收,并将产生的低压饱和蒸汽提升压力和温度,直接用作热电联供机组的补偿热源。该方法在解决燃煤电厂“烟囱雨”和“白烟”等环境问题的同时,通过深度回收利用锅炉排烟余热,增加了热电机组的供热能力,提高了热电机组的热效率;

[0020] (2) 将锅炉排烟余热回收和储热联合用于热电机组灵活性改造,一方面可拓宽补

偿热源来源,增加热机组的热电比调节范围及连续调节能力,另一方面可在满足供热负荷前提下最大幅度降低或者提高发电功率,即使热机组同时具备上调峰和下调峰能力;

[0021] (3) 将余热回收系统内置于常规脱硫塔,系统简单可靠、换热结构紧凑、设备集成度高、不增加占地空间,且投资远低于热泵。

附图说明

[0022] 构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。

[0023] 图1是本发明中热机组系统示意图;

[0024] 图中:1、中压缸;2、低压缸;3、脱硫塔;4、取热管束;5、加热管束;6、引射器;7、储热罐;8、冷水循环泵;9、凝汽器;10、热水循环泵;11、放热换热器;12、热网加热器;13、第一蒸汽调节阀;14、第二蒸汽调节阀;15、软化水调节阀;16、冷水调节阀;17、热水调节阀;18、凝汽器;19、软化水;20、低压蒸汽;21、引射器排汽;22、中压缸排汽。

具体实施方式

[0025] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本申请使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

[0026] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0027] 本发明的一种实施方式中,提供了一种排烟余热回收和储热联合提高热机组灵活性的系统,包括余热回收单元、储热单元、热网加热器、中压缸、低压缸及连接管道。

[0028] 余热回收单元包括取热管束、加热管束和引射器,取热管束和加热管束依次内置于脱硫塔内部,取热管束出口与引射器的低压蒸汽进口连通,加热管束出口与引射器的驱动蒸汽进口连通;

[0029] 储热单元包括储热罐、凝汽器和放热换热器,凝汽器热侧进口与引射器蒸汽出口连通,凝汽器冷侧进口与储热罐底部连通,凝汽器冷侧出口与储热罐顶部连通,放热换热器热侧进口与储热罐顶部连通,放热换热器热侧出口与储热罐底部连通,放热换热器冷侧进口连接一次网回水管路;

[0030] 放热换热器冷侧出口与热网加热器冷侧进口连通;热网加热器冷侧出口连接一次网供水管路。

[0031] 中压缸与低压缸连接管道上设置抽气管道,抽气管道分为两路,一路与加热管束进口连通,另一路与热网加热器的热侧进口连通。

[0032] 其中,所述中压缸和低压缸都是汽轮机的做功部件,对于热电联供机组,中压缸排汽被抽取一部分用于对外供热,剩余的进入低压缸继续做功发电;

[0033] 优选的,所述取热管束和加热管束位于脱硫塔内部的浆液喷淋层的上方;

[0034] 优选的,凝汽器冷侧进口与储热罐底部之前设置有冷水调节阀和冷水循环泵;

- [0035] 优选的,放热换热器热侧进口与储热罐顶部之间设置有热水调节阀和热水循环泵;
- [0036] 优选的,所述取热管束的换热管为毛细光管,采用蛇形布置;
- [0037] 优选的,所述取热管束内软化水与管外燃煤烟气的流动方式为逆流式;
- [0038] 优选的,所述加热管束进口前管路上具有第二蒸汽调节阀,还可以增加喷水减温器,其作用是调节引射器驱动蒸汽的流量和温度;
- [0039] 优选的,所述取热管束进口前管路上具有软化水调节阀,以调节软化水流量;
- [0040] 优选的,所述取热管束进口处的软化水处于常温过冷状态,受毛细管的节流作用,在流动至管束出口的过程中逐渐达到饱和状态并完全汽化为低压饱和蒸汽;
- [0041] 优选的,所述热网加热器热侧进口前管路上具有第一蒸汽调节阀,作用是调节高压过热蒸汽流量;
- [0042] 优选的,所述凝汽器和热网加热器,采用板式换热器或管壳式换热器,蒸汽凝结水返回发电机组的锅炉除氧器循环利用;
- [0043] 优选的,所述放热换热器为管壳式或板式换热器;
- [0044] 进一步的,所述引射器,根据工艺参数不同,采用单级或两级串联方式;
- [0045] 进一步的,所述储热罐,采用单罐储热或双罐储热方式;储热罐用于存储储液介质,优选的,所述储热介质采用水;
- [0046] 提供软化水至所述取热管束进口,所述软化水取自发电机组的锅炉补水,软化水在取热管束内被加热汽化为低压饱和蒸气,作为引射器的引射蒸汽;提供中压过热蒸汽至加热管束进口,所述中压过热蒸汽取自汽轮机中压缸排汽,在蒸汽加热管束内被冷却为中压饱和蒸汽,作为引射器的驱动蒸汽。所述引射器利用喷嘴喷射驱动蒸汽,在取热管束内部建立真空环境,从而将低压饱和蒸汽吸入引射器,并与驱动蒸汽混合、升压成为引射器排汽。所述引射器排汽在凝汽器内与储热介质换热,引射器排汽冷凝为凝结水,被加热的储热介质存储于储热罐。提供一次网回水至放热换热器冷侧进口,一次网回水首先在放热换热器中被加热,然后进入热网换热器进一步被加热至供水温度,对外供热。
- [0047] 本发明的一种实施方式中,提供了一种排烟余热回收和储热联合提高发电机组灵活性的方法,其是基于上述系统完成的,运行方式如下:
- [0048] (1) 在发电机组运行的所有时段,包括调峰时段和非调峰时段,余热回收单元连续运行,同时储热单元的冷水循环泵也连续运行,由储热罐底部抽取的冷水,在凝汽器中被引射器排汽加热至储热温度,然后进入储热罐顶部,所储存热量来自于回收的排烟余热和用作引射器驱动蒸汽的中压缸排汽;
- [0049] (2) 在发电机组的非调峰时段,发电机组按照以热定电方式运行,储热单元不需要承担供热负荷,热水循环泵和热水调节阀关闭,一次网回水仅在热网换热器中被中压缸排汽加热,在放热换热器中不换热;
- [0050] (3) 在发电机组的下调峰时段,发电机组降负荷运行,储热单元采取边储热边放热运行,热水循环泵开启,从储热罐顶部抽取的热水,在放热换热器中与一次网回水换热、冷却后输送至储热罐底部,被加热的一次网回水继续进入热网换热器,被进一步加热至一次网供水温度对外供热,从而补偿发电机组低负荷时的供热能力;利用热水调节阀改变储热罐的放热功率,使发电机组的发电功率连续调节,达到可再生能源电力的连续调节需求;

[0051] (4) 在热发电机组的上调峰时段,热发电机组满负荷运行,储热单元采取边储热边放热运行,利用热水调节阀将储热罐放热功率调至最大,减小进入热网加热器的中压缸排汽流量,实现满足供热负荷条件的机组最大发电功率。

[0052] 进一步的,所述排烟余热回收和储热联合提高热发电机组灵活性的方法,还可与切缸方法共同使用,以增加热电调节范围。

[0053] 实施例

[0054] 如图1所示,一种排烟余热回收和储热联合提高热发电机组灵活性的系统,包括余热回收单元、储热单元、热网加热器,中压缸、低压缸及连接管道。其中,余热回收单元包括内置于脱硫塔3内部的取热管束4、蒸汽加热管束5,和引射器6,取热管束4和加热管束5依次内置于脱硫塔3的浆液喷淋层上方,取热管束4进口前布置软化水调节阀15,取热管束4的出口与引射器6的低压蒸汽进口连通,加热管束5进口前布置第二蒸汽调节阀14,加热管束5的出口与引射器6的驱动蒸汽进口连通;储热单元包括储热罐7、凝汽器9、放热换热器11、热水循环泵10、热水调节阀17、冷水循环泵8和冷水调节阀16组成,凝汽器9的热侧进口与引射器6的蒸汽出口连通,凝汽器9的冷侧进口经冷水调节阀16、冷水循环泵8与储热罐7底部连通,凝汽器9的冷侧出口与储热罐7的顶部联通,放热换热器11的热侧进口经热水调节阀17、热水循环泵10与储热罐7顶部连通,放热换热器11的热侧出口与储热罐7底部连通,放热换热器11的冷侧进口连接一次网回水管路,放热换热器11的冷侧出口与热网加热器12的冷侧进口连通;热网加热器12的冷侧出口与一次网供水管路连接;中压缸1与低压缸2的连接管道上设置抽气管道,抽气管道分为两路,一路经第一调节阀13与热网加热器12的热侧进口连通,另一路经第二调节阀14与蒸汽加热管束进口连通。

[0055] 提供软化水19至所述取热管束4进口,所述软化水19取自热发电机组的锅炉补水,软化水19在取热管束4内被加热汽化为低压饱和蒸气20,作为引射器的引射流体;自中压缸排汽管道抽取的中压缸排汽22分为两路,一路经第一蒸汽调节阀13进入热网换热器热侧冷凝为凝结水,另一路经第二蒸汽调节阀14进入加热管束5进口,在加热管束5内被冷却为中压饱和蒸汽,作为引射器6的驱动蒸汽;所述引射器6利用喷嘴喷射驱动蒸汽,在取热管束5内部建立真空环境,从而将低压饱和蒸气20吸入引射器6,并与驱动蒸汽混合、升压成为引射器排汽21,由引射器6出口排出;所述引射器排汽21进入凝汽器9热侧进口,储热罐7底部的冷水依次经冷水循环泵8和冷水调节阀16进入凝汽器9的冷侧进口,引射器排汽21冷凝为凝结水,冷水被加热后进入储热罐7顶部;提供一次网回水至放热换热器11的冷侧进口,储热罐7顶部的热水依次经热水循环泵10和热水调节阀17进入放热换热器热侧进口,热水被冷却后进入储热罐7底部,一次网回水被加热至一定温度后进入热网换热器12冷侧进口,进一步被加热至供水温度,成为一次网供水对外供热。

[0056] 一种排烟余热回收和储热联合提高热发电机组灵活性的方法,其是基于上述系统完成的,运行方式如下:

[0057] (1) 在热发电机组运行的所有时段,包括调峰时段和非调峰时段,余热回收单元连续运行,同时储热单元的冷水循环泵8也连续运行,由储热罐7底部抽取的冷水,在凝汽器9中被引射器排汽21加热至储热温度,然后进入储热罐7顶部,所储存热量来自于回收的排烟余热和用作引射器驱动蒸汽的中压缸排汽;

[0058] (2) 在热发电机组的非调峰时段,热发电机组按照以热定电方式运行,储热单元不需要

承担供热负荷,热水循环泵10和热水调节阀17关闭,一次网回水仅在热网换热器12中被中压缸排汽加热,在放热换热器中11不换热;

[0059] (3) 在热电厂的下调峰时段,热电厂降负荷运行,储热单元采取边储热边放热运行,热水循环泵10开启,从储热罐7顶部抽取的热水,在放热换热器11中与一次网回水换热、冷却后输送至储热罐7底部,被加热的一次网回水继续进入热网换热器12,被进一步加热至一次网供水温度对外供热,从而补偿热电厂低负荷时的供热能力;利用热水调节阀17改变储热罐7的放热功率,使热电厂的发电功率连续调节,达到可再生能源电力的连续调节需求;

[0060] (4) 在热电厂的上调峰时段,热电厂满负荷运行,储热单元采取边储热边放热运行,利用热水调节阀17将储热罐7放热功率调至最大,减小进入热网加热器12的中压缸抽气流量,实现满足供热负荷条件的机组最大发电功率。

[0061] 在一些实施例中,所述排烟余热回收和储热联合提高热电厂灵活性的方法,还可与切缸方法共同使用,以增加热电调节范围。

[0062] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。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。

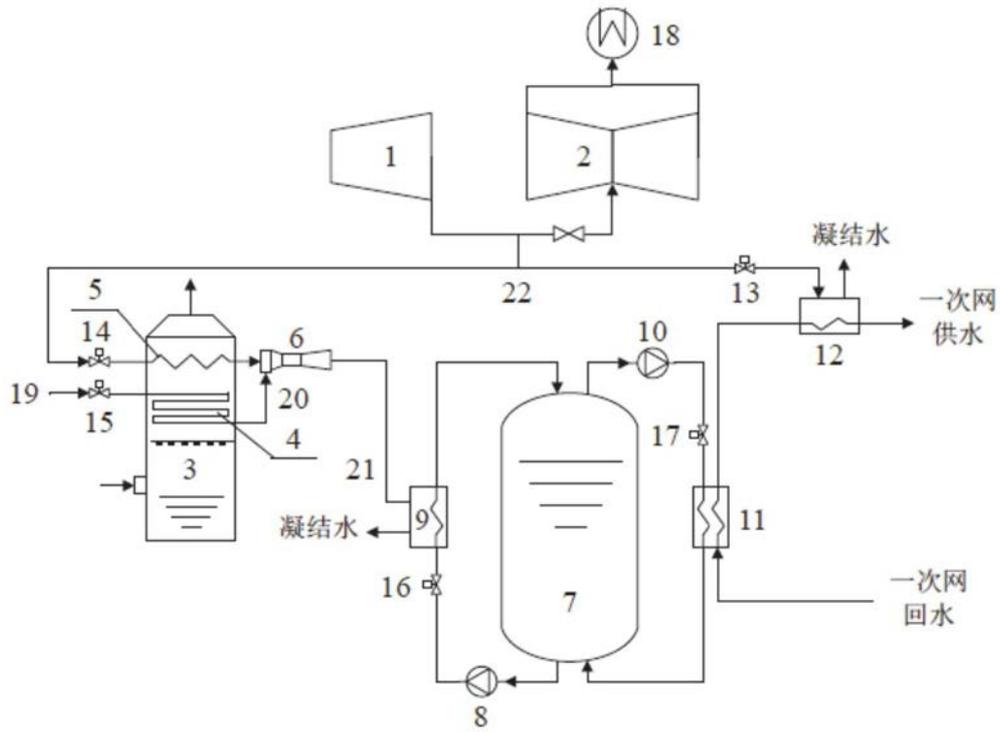


图1