



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117847616 A

(43) 申请公布日 2024. 04. 09

(21) 申请号 202410022487.7

F24D 101/10 (2022.01)

(22) 申请日 2024.01.05

(71) 申请人 南京邮电大学

地址 210023 江苏省南京市鼓楼区新模范
马路66号

(72) 发明人 董汶昊 解相朋 唐春生 张之轩

(74) 专利代理机构 南京正联知识产权代理有限
公司 32243

专利代理师 杭行

(51) Int. Cl.

F24D 18/00 (2022.01)

F24D 3/10 (2006.01)

F01K 17/02 (2006.01)

F22D 1/02 (2006.01)

F22B 1/30 (2006.01)

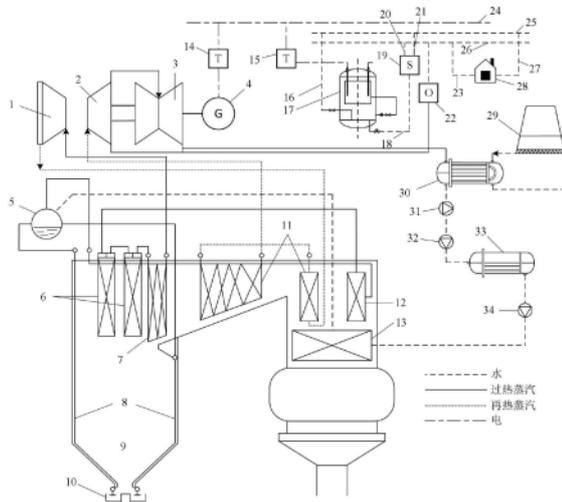
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统

(57) 摘要

本发明提供一种基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,包括热电联产机组和升压变压器,热电联产机组通过升压变压器与电网连接,还包括降压变压器、电极锅炉、热水蓄热罐和混合加热器,电网通过降压变压器连接电极锅炉,电极锅炉的锅炉进水口通过锅炉侧回水管道与热网回水管道连通,电极锅炉的锅炉出水口通过锅炉侧供水管道与热水蓄热罐的进水口连通,热水蓄热罐通过蓄热罐侧供水管道与热网供水管道连接,且热水蓄热罐通过蓄热罐侧回水管道与热网回水管道连接;本发明响应速度迅速,能够在短时间内实现调峰需求,提供即时的热能。能够实现热电解耦,同时满足对外供热和供电的需求,提高机组的灵活性及电网对新能源的消纳能力。



1. 一种基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,包括热电联产机组和升压变压器,热电联产机组通过升压变压器与电网连接,其特征在于:还包括降压变压器、电极锅炉、热水蓄热罐和混合加热器,电网通过降压变压器连接电极锅炉,电极锅炉的锅炉进水口通过锅炉侧回水管道与热网回水管道连通,电极锅炉的锅炉出水口通过锅炉侧供水管道与热水蓄热罐的进水口连通,热水蓄热罐通过蓄热罐侧供水管道与热网供水管道连接,且热水蓄热罐通过蓄热罐侧回水管道与热网回水管道连接,热网供水管道通过热用户侧供水管道、热用户侧换热器、热用户侧回水管道连接热网回水管道;热电联产机组包括燃料锅炉和汽轮机组,燃料锅炉与汽轮机组连接并用于做功发电;汽轮机组中的蒸汽通过供热抽汽管道进入混合加热器,与混合加热器内部的给水直接混合,混合加热器的出口端与热网供水管道相连。

2. 如权利要求1的基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,其特征在于:燃料锅炉包括燃料锅炉炉膛、水冷壁、过热器、再热器、省煤器和汽包,燃料锅炉炉膛内设有过热器和再热器,省煤器的出水口与水冷壁的进水口连接,水冷壁的出汽口通过汽包与过热器连接汽轮机组。

3. 如权利要求2的基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,其特征在于:过热器包括沿烟气流方向设置的屏式过热器、高温过热器和低温过热器,低温过热器的入汽口连接汽包的出汽口,低温过热器的出汽口与屏式过热器的进汽口连接,屏式过热器的出汽口与高温过热器的进汽口连接。

4. 如权利要求2的基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,其特征在于:汽轮机组包括汽轮机高压缸、汽轮机中压缸、汽轮机低压缸及发电机,高温过热器的主出汽口与汽轮机高压缸的进汽口连接,汽轮机高压缸的排汽口与再热器的进汽口连接,再热器的出汽口与汽轮机中压缸的进汽口连接,汽轮机中压缸的排汽口与汽轮机低压缸的进汽口连接,汽轮机中压缸的供热抽汽口、汽轮机低压缸的供热抽汽口分别与供热抽汽管道连接。

5. 如权利要求1的基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,其特征在于:热电联产机组还包括凝结器、冷却塔、凝结水泵、低压加热器、除氧器 and 高压加热器,汽轮机组的排汽口与凝结器的进汽口连接,冷却塔用于向凝结器中输入低温水将蒸汽冷凝成水,凝结器的出水口通过凝结水泵、低压加热器、除氧器与高压加热器连接省煤器的进水口。

6. 如权利要求1-5任一项的基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,其特征在于:电极锅炉包括高压电极、锅炉外筒、锅炉内筒、锅炉进水口、锅炉出水口、排污口、气压调节阀、水位计和温度检测装置,降压变压器与高压电极连接,高压电极穿入锅炉内筒中,锅炉内筒设于锅炉外筒内,且锅炉外筒通过循环回路与锅炉内筒连通,锅炉外筒分别设有锅炉进水口、锅炉出水口、排污口、气压调节阀、水位计和温度检测装置。

7. 如权利要求1-5任一项的基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,其特征在于:热电联产机组中,通过燃料锅炉产生的热蒸汽用于驱动汽轮机组做功发电,汽轮机组做功所发电力经升压变压器汇入电网,电网电能经降压变压器输入电极锅炉;抽取中压缸和低压缸中热蒸汽输入混合加热器,混合加热器与热网供水管道连接,热网供水管道及热网回水管道与用户侧换热器连接。

8. 如权利要求7的基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,其特征在于:汽轮机组做功所发电力经升压变压器汇入电网,电网电能经降压变压器输入电极锅炉,将电能转换为热能,热电联产机组新增最大下调峰容量 C_p :

$$C_p = C_{EB} + k\eta_{EB}C_{EB}$$

其中, C_{EB} 为电极锅炉容量, η_{EB} 为电极锅炉的电转热效率, k 为机组热电特性曲线斜率。

基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,属于热电解耦技术领域。

背景技术

[0002] 新型电力系统核心特征在于新能源占据主导地位,成为主要能源形式。近年来,我国的风电、光伏发电等新能源发展成效显著,装机规模稳居全球首位,发电量占比稳步提升。但由于新能源发电固有的强随机性、波动性和间歇性,大规模新能源接入电网后,电力系统的调节难度大幅增加。要保障不同时间尺度电力供需平衡和新能源高水平消纳,关键是提升新型电力系统的灵活调节能力。

[0003] 热电解耦作为热电机组灵活性改造的关键技术,可有效提升热电厂的调峰和供热调节能力,提升电源侧灵活性,是促进新能源消纳的重要措施之一。对此国内外学者进行了一系列研究,目前常用技术包括储能技术等。

[0004] 利用储能技术与热电联产机组相结合的方法,在需求低谷时存储电能,在需求高峰时释放电能,以实现深度调峰,但目前的储能技术还存在成本高、容量有限、响应速度较低,实现调峰需求的时间长等问题。

[0005] 上述问题是在基于电极锅炉蓄热的热电解耦过程中应当予以考虑并解决的问题。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统解决现有技术中存在的实现调峰需求的时间长、响应速度有待提高的问题。

[0007] 本发明的技术解决方案是:

[0008] 一种基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,包括热电联产机组和升压变压器,热电联产机组通过升压变压器与电网连接,还包括降压变压器、电极锅炉、热水蓄热罐和混合加热器,电网通过降压变压器连接电极锅炉,电极锅炉的锅炉进水口通过锅炉侧回水管道与热网回水管道连通,电极锅炉的锅炉出水口通过锅炉侧供水管道与热水蓄热罐的进水口连通,热水蓄热罐通过蓄热罐侧供水管道与热网供水管道连接,且热水蓄热罐通过蓄热罐侧回水管道与热网回水管道连接,热网供水管道通过热用户侧供水管道、热用户侧换热器、热用户侧回水管道连接热网回水管道;热电联产机组包括燃料锅炉和汽轮机组,燃料锅炉与汽轮机组连接并用于做功发电;汽轮机组中的蒸汽通过供热抽汽管道进入混合加热器,与混合加热器内部的给水直接混合,混合加热器的出口端与热网供水管道相连。

[0009] 进一步地,燃料锅炉包括燃料锅炉炉膛、水冷壁、过热器、再热器、省煤器和汽包,燃料锅炉炉膛内设有过热器和再热器,省煤器的出水口与水冷壁的进水口连接,水冷壁的出汽口通过汽包与过热器连接汽轮机组。

[0010] 进一步地,过热器包括沿烟气流动方向设置的屏式过热器、高温过热器和低温过热器,低温过热器的入汽口连接汽包的出汽口,低温过热器的出汽口与屏式过热器的进汽口连接,屏式过热器的出汽口与高温过热器的进汽口连接。

[0011] 进一步地,汽轮机组包括汽轮机高压缸、汽轮机中压缸、汽轮机低压缸及发电机,高温过热器的主出汽口与汽轮机高压缸的进汽口连接,汽轮机高压缸的排汽口与再热器的进汽口连接,再热器的出汽口与汽轮机中压缸的进汽口连接,汽轮机中压缸的排汽口与汽轮机低压缸的进汽口连接,汽轮机中压缸的供热抽汽口、汽轮机低压缸的供热抽汽口分别与供热抽汽管道连接。

[0012] 进一步地,热电联产机组还包括凝结器、冷却塔、凝结水泵、低压加热器、除氧器和高压加热器,汽轮机组的排汽口与凝结器的进汽口连接,冷却塔用于向凝结器中输入低温水将蒸汽冷凝成水,凝结器的出水口通过凝结水泵、低压加热器、除氧器与高压加热器连接省煤器的进水口。

[0013] 进一步地,电极锅炉包括高压电极、锅炉外筒、锅炉内筒、锅炉进水口、锅炉出水口、排污口、气压调节阀、水位计和温度检测装置,降压变压器与高压电极连接,高压电极穿入锅炉内筒中,锅炉内筒设于锅炉外筒内,且锅炉外筒通过循环回路与锅炉内筒连通,锅炉外筒分别设有锅炉进水口、锅炉出水口、排污口、气压调节阀、水位计和温度检测装置。

[0014] 进一步地,热电联产机组中,通过燃料锅炉产生的热蒸汽用于驱动汽轮机组做功发电,汽轮机组做功所发电力经升压变压器汇入电网,电网电能经降压变压器输入电极锅炉;抽取中压缸和低压缸中热蒸汽输入混合加热器,混合加热器与热网供水管道连接,热网供水管道及热网回水管道与用户侧换热器连接。

[0015] 进一步地,汽轮机组做功所发电力经升压变压器汇入电网,电网电能经降压变压器输入电极锅炉,将电能转换为热能,热电联产机组新增最大下调峰容量 C_p :

$$[0016] \quad C_p = C_{EB} + k\eta_{EB}C_{EB}$$

[0017] 其中, C_{EB} 为电极锅炉容量, η_{EB} 为电极锅炉的电转热效率, k 为机组热电特性曲线斜率。

[0018] 本发明的有益效果是:

[0019] 一、该种基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,与现有技术相比,采用电极锅炉和热水蓄热罐对热电联产机组进行热电解耦改造,相较于熔盐蓄热等其他热电解耦技术,本发明的电极锅炉的响应速度迅速,能够在短时间内实现调峰需求,提供即时的热能。能够实现热电解耦,同时满足对外供热和供电的需求,提高机组的灵活性及电网对新能源的消纳能力。此外,该系统采用电极锅炉调峰具有较高的灵活性,能够根据需求进行精确的功率调节,通过控制电极的数量和电流,能够实现灵活的负荷平衡,适应实际需求的变化。

[0020] 二、本发明采用电极锅炉蓄热对热电联产机组进行热电解耦改造,通过电极锅炉消耗部分电量,使机组可以在供热期间的实际发电负荷可以不用降至过低,加上电极锅炉补充的部分热量,能够满足热网热负荷的需求,若再结合调峰补偿,则使得机组能够具有客观的收益,既增加了新能源消纳空间,同时能够提高电厂参与调峰的积极性。

附图说明

[0021] 图1是本发明实施例基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统的结构示意图;

[0022] 图2是实施例中电极锅炉的说明示意图;

[0023] 图3是实施例中配置电极锅炉前后热电联产机组的热电特性图,其中,曲线ABCD为配置电极锅炉前的热电联产机组热电特性曲线,曲线ABB'C'D'D为配置电极锅炉后的热电

联产机组热电特性曲线, $P_{e, \min}$ 和 $P_{e, \max}$ 分别为机组在纯凝工况下的最小和最大发电功率, $P_{h, \max}$ 和 $P'_{h, \max}$ 分别为机组配置电极锅炉前后的最大供热功率, $P_{e, h}$ 和 $P'_{e, h}$ 分别为组配置电极锅炉前后的最大供热功率所对应的发电功率;

[0024] 图4是实施例热电联产机组新增调峰容量与电极锅炉负荷的关系示意图;

[0025] 其中:1-汽轮机高压缸,2-汽轮机中压缸,3-汽轮机低压缸,4-发电机,5-汽包,6-屏式过热器,7-高温过热器,8-水冷壁,9-燃料锅炉炉膛,10-渣斗,11-再热器,12-低温过热器,13-省煤器,14-升压变压器,15-降压变压器,16-锅炉侧回水管道,17-电极锅炉,18-锅炉侧供水管道,19-热水蓄热罐,20-蓄热罐侧供水管道,21-蓄热罐侧回水管道,22-混合加热器,23-热用户侧供水管道,24-电网,25-热网回水管道,26-热网供水管道,27-热用户侧回水管道,28-热用户侧换热器,29-冷却塔,30-凝结器,31-凝结水泵,32-低压加热器,33-除氧器,34-高压加热器;

[0026] 171-高压电极,172-锅炉外筒,173锅炉内筒,174-锅炉进水口,175-锅炉出水口,176-排污口,177-气压调节阀,178-水位计,179-温度检测装置,1710-循环回路。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图详细说明本发明的优选实施例。

[0028] 实施例

[0029] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合说明书附图对本发明的具体实施方式做详细的说明,显然所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通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,都应当属于本发明的保护的范围。

[0030] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是本发明还可以采用其他不同于在此描述的其它方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似推广,因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。

[0031] 其次,此处所称的“一个实施例”或“实施例”是指可包含于本发明至少一个实现方式中的特定特征、结构或特性。在本说明书中不同地方出现的“在一个实施例中”并非均指同一个实施例,也不是单独的或选择性的与其他实施例互相排斥的实施例。

[0032] 本发明结合示意图进行详细描述,在详述本发明实施例时,为便于说明,表示器件结构的剖面图会不依一般比例作局部放大,而且示意图只是示例,其在此不应限制本发明保护的范围。此外,在实际制作中应包含长度、宽度及深度的三维空间尺寸。

[0033] 同时在本发明的描述中,需要说明的是,术语中的“上、下、内和外”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、第二或第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0034] 本发明中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、可拆卸连接或一体式连接;同样可以是机械连接、电连接或直接连接,也可以通过中间媒介间接相连,也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。

[0035] 实施例

[0036] 一种基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,如图1,包括热电联产机组和升压变压器14,热电联产机组通过升压变压器14与电网24连接,还包括降压变压器15、电极锅炉17、热水蓄热罐19和混合加热器22,电网24通过降压变压器15连接电极锅炉17,电极锅炉17的锅炉进水口174通过锅炉侧回水管道16与热网回水管道25连通,电极锅炉17的锅炉出水口175通过锅炉侧供水管道18与热水蓄热罐19的进水口连通,热水蓄热罐19通过蓄热罐侧供水管道20与热网供水管道26连接,且热水蓄热罐19通过蓄热罐侧回水管道21与热网回水管道25连接,热网供水管道26通过热用户侧供水管道23、热用户侧换热器28、热用户侧回水管道23连接热网回水管道25;热电联产机组包括燃料锅炉和汽轮机组,燃料锅炉与汽轮机组连接并用于做功发电;汽轮机组中的蒸汽通过供热抽汽管道进入混合加热器22,与混合加热器22内部的给水直接混合,混合加热器22的出口端与热网供水管道26相连。

[0037] 该种基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,与现有技术相比,采用电极锅炉17和热水蓄热罐19对热电联产机组进行热电解耦改造,相较于熔盐蓄热等其他热电解耦技术,本发明的电极锅炉17的响应速度迅速,能够在短时间内实现调峰需求,提供即时的热能。此外,该系统采用电极锅炉17调峰具有较高的灵活性,能够根据需求进行精确的功率调节,通过控制电极的数量和电流,能够实现灵活的负荷平衡,适应实际需求的变化。

[0038] 燃料锅炉包括燃料锅炉炉膛9、水冷壁8、过热器、再热器11、省煤器13和汽包5,燃料锅炉炉膛9内设有过热器和再热器11,省煤器13的出水口与水冷壁8的进水口连接,水冷壁8的出汽口通过汽包5与过热器连接汽轮机组,燃料锅炉炉膛9的底部设有渣斗10。过热器包括沿烟气流动方向设置的屏式过热器6、高温过热器7和低温过热器12,低温过热器12的入汽口连接汽包5的出汽口,低温过热器12的出汽口与屏式过热器6的进汽口连接,屏式过热器6的出汽口与高温过热器7的进汽口连接。

[0039] 汽轮机组包括汽轮机高压缸1、汽轮机中压缸2、汽轮机低压缸3及发电机4,高温过热器7的主出汽口与汽轮机高压缸1的进汽口连接,汽轮机高压缸1的排汽口与再热器11的进汽口连接,再热器11的出汽口与汽轮机中压缸2的进汽口连接,汽轮机中压缸2的排汽口与汽轮机低压缸3的进汽口连接,汽轮机中压缸2的供热抽汽口、汽轮机低压缸3的供热抽汽口分别与供热抽汽管道连接。

[0040] 热电联产机组还包括凝结器30、冷却塔29、凝结水泵31、低压加热器32、除氧器33和高压加热器34,汽轮机组的汽轮机低压缸3的排汽口与凝结器30的进汽口连接,供热抽汽管道的出汽口与混合加热器22的进汽口连接,冷却塔29用于向凝结器30中输入低温水,将蒸汽冷凝成水,凝结器30的出水口通过凝结水泵31、低压加热器32、除氧器33与高压加热器34连接省煤器13的进水口,即凝结器30的出水口与凝结水泵31的进水口连接,凝结水泵31的出水口与低压加热器32的进水口连接,低压加热器32的出水口与除氧器33的进水口连接,除氧器33的出水口与高压加热器34的进水口连接,高压加热器34的出水口与省煤器13的进水口连接。

[0041] 如图2,电极锅炉17包括高压电极171、锅炉外筒172、锅炉内筒173、锅炉进水口174、锅炉出水口175、排污口176、气压调节阀177、水位计178和温度检测装置179,降压变压器15与高压电极171连接,高压电极171穿入锅炉内筒173中,锅炉内筒173设于锅炉外筒172内,且锅炉外筒172通过循环回路1710与锅炉内筒173连通,锅炉外筒172分别设有锅炉进水

口174、锅炉出水口175、排污口176、气压调节阀177、水位计178和温度检测装置179。

[0042] 热电联产机组中,通过燃料锅炉产生的热蒸汽用于驱动汽轮机组做功发电,汽轮机组做功所发电力经升压变压器14汇入电网24,电网24电能经降压变压器15输入电极锅炉17;抽取中压缸和低压缸中部分热蒸汽输入混合加热器22,混合加热器22与热网供水管道26连接,热网供水管道26及热网回水管道25与用户侧换热器连接。

[0043] 如图3,汽轮机组做功所发电力经升压变压器14汇入电网24,电网24电能经降压变压器15输入电极锅炉17,将电能转换为热能,热电联产机组新增最大下调峰容量 C_p :

$$[0044] \quad C_p = C_{EB} + k\eta_{EB}C_{EB}$$

[0045] 其中, C_{EB} 为电极锅炉17容量, η_{EB} 为电极锅炉17的电转热效率, k 为机组热电特性曲线斜率。

[0046] 该种基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,经省煤器13预热后的给水在水冷壁8中转换为水蒸气,再流经过热器进入汽轮机高压缸1膨胀做功,经第一级膨胀后通过再热器11对蒸汽进行再加热处理,从而提高机组工作效率;电极锅炉17通过锅炉侧供水管及锅炉侧回水管与热水蓄热罐19连接,热水蓄热罐19通过蓄热罐侧供水管道20和蓄热罐侧回水管道21与热网连接,热网通过热用户侧回水管道23及热用户侧回水管道23与热用户侧换热器28连接。本发明利用电极锅炉17能够直接将电能转换为热能的特性,可以改变热电联产机组“以热定电”的运行方式,实现热电解耦,同时满足对外供热和供电的需求,提高机组的灵活性及电网24对新能源的消纳能力。

[0047] 该种基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,合理设计了电极锅炉17蓄热系统消纳过剩电力,使机组在供热期间的实际发电负荷可以不用降至过低,在机组保持较高发电负荷的同时,采暖抽汽供热能力不至于降至过低,加上电极锅炉17补充的部分热量,能够满足热网热负荷的需求,实现机组的深度调峰热电解耦。

[0048] 如图4,以某350MW超临界一次中间再热间接空冷抽汽凝汽式汽轮发电机4机组为算例对象,采用单炉膛平衡通风和全钢架悬吊结构直流煤粉锅炉,机组额定抽汽量为380t/h,最大抽汽量为550t/h,机组供热量调节范围为0—400MW,发电出力可调节范围为140—388MW,配置容量为2×80MW的电极锅炉17和容量为1000MW的热水蓄热罐19,可以看出,随着电极锅炉17负荷的增大,机组新增下调峰空间逐渐增加。实例表明,电极锅炉17蓄热参与热电联产机组热电调峰,能够利用电极锅炉17消纳电网24过剩电量,从而实现热电解耦,同时为新能源消纳提供空间。

[0049] 该种基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,通过热电联产机组对不同品质的能量进行梯级利用,温度较高的、具有较大可用能的热能被用来发电,温度较低的低品位热能则被用来供热,同时利用电极锅炉17将电能直接转换为热能,以补充机组供热能力不足部分,打破热电联产机组“以热定电”的运行模式,实现热电解耦。

[0050] 该种基于电极锅炉蓄热的热电解耦系统,采用电极锅炉17蓄热对热电联产机组进行热电解耦改造,通过电极锅炉17消耗部分电量,使机组可以在供热期间的实际发电负荷可以不用降至过低,加上电极锅炉17补充的部分热量,能够满足热网热负荷的需求,若再结合调峰补偿,则使得机组能够具有客观的收益,既增加了新能源消纳空间,同时能够提高电厂参与调峰的积极性。

[0051] 上面结合附图对本发明的实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施

方式,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下做出各种变化。

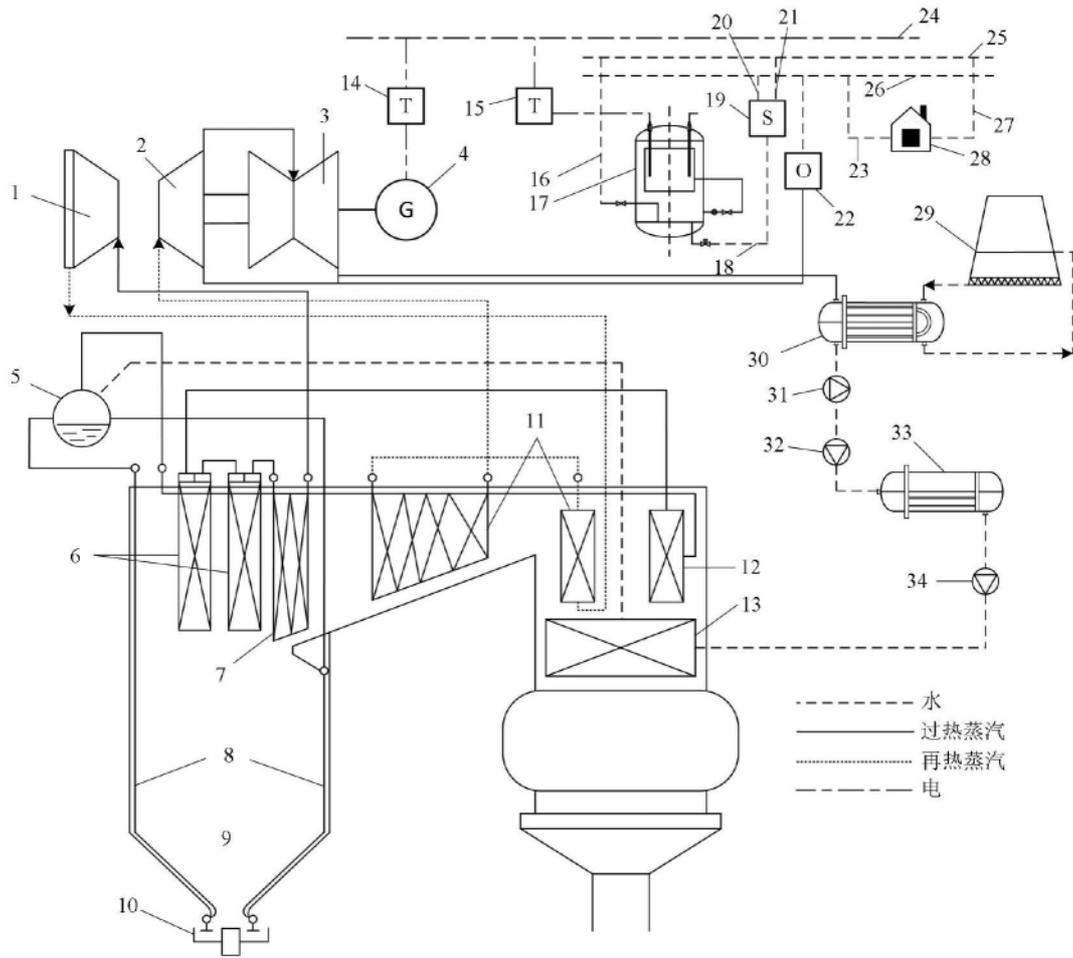


图1

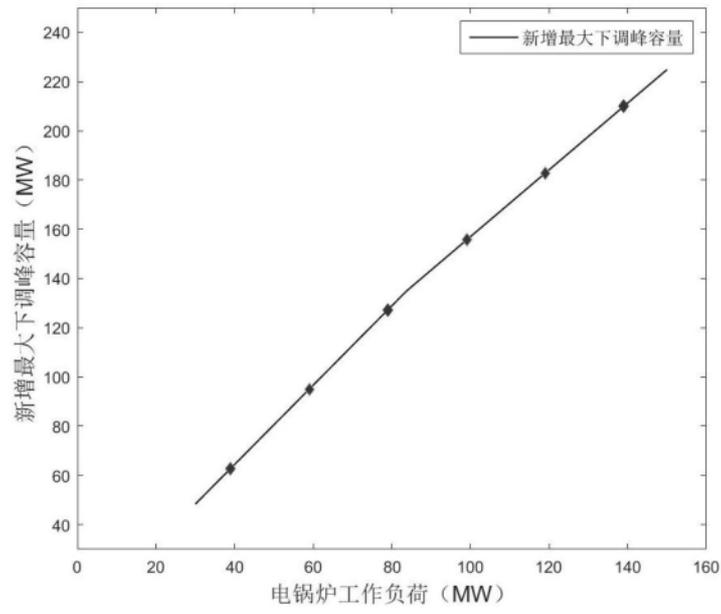


图4