



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115693728 A

(43) 申请公布日 2023. 02. 03

(21) 申请号 202310000349.4

H02J 3/46 (2006.01)

(22) 申请日 2023.01.03

H02J 15/00 (2006.01)

(71) 申请人 兰州大成科技股份有限公司

H02J 9/06 (2006.01)

地址 730314 甘肃省兰州市兰州新区中川街西段4200号

H05B 3/60 (2006.01)

申请人 敦煌大成晟能新能源科技有限公司  
敦煌大成聚能新能源装备有限公司  
兰州大成真空科技有限公司

(72) 发明人 范多旺 范多进 孔令刚 范玉磊  
姚小明 赵锡源 戚文晔 罗仁兔

(74) 专利代理机构 北京方圆嘉禾知识产权代理有限公司 11385

专利代理师 姚丽娜

(51) Int. Cl.

H02J 3/28 (2006.01)

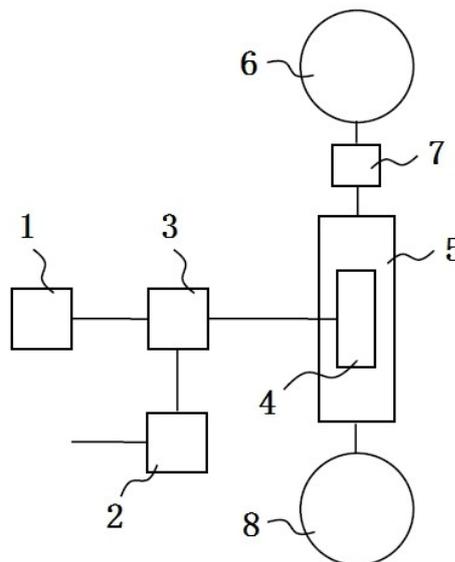
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

## (54) 发明名称

一种光伏直流电加热熔盐储热系统及其储热方法

## (57) 摘要

本发明公开一种光伏直流电加热熔盐储热系统及其储热方法,属于太阳能热系统技术领域,包括光伏发电装置、电连接在所述光伏发电装置的直流侧的直流输变装置以及与所述直流输变装置电连接的电加热装置,所述光伏发电装置用于将光能转换成光伏直流电输出到所述直流输变装置,所述直流输变装置用于将光伏直流电匹配输送到所述电加热装置,所述电加热装置用于加热熔盐储热系统中的熔盐。本发明通过将直流输变装置电连接在光伏发电装置和电加热装置之间,并从光伏发电装置的直流侧取电加热,能充分利用受电网消纳能力限制的发电量和受逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量,可最大限度的提升光伏弃电的利用率。



1. 一种光伏直流电加热熔盐储热系统,其特征在于:包括光伏发电装置(1)、直流输变装置(3)和电加热装置(4),所述光伏发电装置(1)包括将太阳光的光能转换成直流电的直流侧和将直流电逆变成交流电接入电网的交流侧;所述直流输变装置(3)包括用于匹配所述电加热装置(4)的直流电压等级的直流变压单元(32),所述直流变压单元(32)的输入端与所述光伏发电装置(1)的直流侧电连接,所述直流变压单元(32)的输出端与所述电加热装置(4)电连接;所述光伏发电装置(1)受逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量以及受电网消纳能力限制的发电量,经所述直流变压单元(32)变换电压等级后,输送到所述电加热装置(4),通过所述电加热装置(4)对熔盐储热系统中的熔盐进行加热。

2. 根据权利要求1所述的光伏直流电加热熔盐储热系统,其特征在于:所述直流输变装置(3)包括用于使所述光伏发电装置(1)的太阳能光伏组件运行在最大功率点的最大功率追踪控制单元(31)。

3. 根据权利要求2所述的光伏直流电加热熔盐储热系统,其特征在于:还包括交流变压换流装置(2),所述交流变压换流装置(2)的输入端电连接电网,所述交流变压换流装置(2)的输出端电连接在所述直流变压单元(32)的输入端。

4. 根据权利要求3所述的光伏直流电加热熔盐储热系统,其特征在于:所述熔盐储热系统包括通过管路顺次连通的低温熔盐储罐(6)、熔盐加热罐体(5)和高温熔盐储罐(8),所述低温熔盐储罐(6)与所述熔盐加热罐体(5)之间设置有循环熔盐泵(7)。

5. 根据权利要求4所述的光伏直流电加热熔盐储热系统,其特征在于:所述熔盐加热罐体(5)沿熔盐流动方向设置有若干所述电加热装置(4)。

6. 根据权利要求5所述的光伏直流电加热熔盐储热系统,其特征在于:所述熔盐加热罐体(5)采用卧式筒体结构,所述卧式筒体结构内间隔交错设置有若干折流板(51),所述电加热装置(4)设置在相邻的所述折流板(51)之间,熔盐由所述卧式筒体结构的一端流入,经所述折流板(51)的折流流动后由所述卧式筒体结构的另一端流出。

7. 根据权利要求4-6任一项所述的光伏直流电加热熔盐储热系统,其特征在于:所述熔盐加热罐体(5)串并联布置有若干个,顺着熔盐的流动方向划分成若干温度区间,不同温度区间的所述熔盐加热罐体(5)和所述电加热装置(4)选择不同的材质。

8. 根据权利要求7所述的光伏直流电加热熔盐储热系统,其特征在于:所述光伏发电装置(1)和所述直流输变装置(3)并行布置有多组,每个所述熔盐加热罐体(5)连接有至少一组所述光伏发电装置(1)和所述直流输变装置(3),所述直流输变装置(3)与所述交流变压换流装置(2)采用共直流母线电连接。

9. 一种光伏直流电加热熔盐储热方法,其特征在于,应用如权利要求4-8任一项所述的光伏直流电加热熔盐储热系统,包括以下内容:

正常发电状态,光伏发电装置(1)将太阳能转换成直流电,直流电经逆变成交流电接入电网;

当所述光伏发电装置(1)的容配比较高,而电网的消纳能力有限时,在光伏发电高峰时间段,所述光伏发电装置(1)的发电量高于电网的消纳能力,即存在受电网消纳能力限制的发电量,此时,由所述光伏发电装置(1)的直流侧取电,将所述光伏发电装置(1)的直流电经直流变压单元(32)变换电压等级后,输送到电加热装置(4),通过所述电加热装置(4)对熔盐储热系统中的熔盐进行加热;

当所述光伏发电装置(1)的逆变器容量有限时,在光伏发电高峰时间段,所述光伏发电装置(1)的发电量高于所述逆变器逆变能力,即存在受所述逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量,此时,由所述光伏发电装置(1)的直流侧取电,将所述光伏发电装置(1)的直流电经所述直流变压单元(32)变换电压等级后,输送到所述电加热装置(4),通过所述电加热装置(4)对熔盐储热系统中的熔盐进行加热;

当电网交流电存在谷电时,或所述光伏发电装置(1)发电能力较弱时,此时,自电网交流电取电,将电网交流电经交流变压换流装置(2)交直流转换后,以直流形式输送到所述电加热装置(4),通过所述电加热装置(4)对熔盐储热系统中的熔盐进行加热。

10. 根据权利要求9所述的光伏直流电加热熔盐储热方法,其特征在于:

在熔盐加热罐体(5)内经加热升温的熔盐流入高温熔盐储罐(8),所述高温熔盐储罐(8)中的熔盐进行换热后,热量被利用,高温熔盐经换热后温度下降并回到低温熔盐储罐(6)中;

所述低温熔盐储罐(6)中的熔盐再进入所述熔盐加热罐体(5)中进行加热流程,如此循环往复。

## 一种光伏直流电加热熔盐储热系统及其储热方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能热系统技术领域,特别是涉及一种光伏直流电加热熔盐储热系统及其储热方法。

### 背景技术

[0002] 在光热光伏一体化电站中,光伏组件在光生伏特效应下,将太阳光辐射能转换为直流电能,电池组件通过串并联后,低压直流电汇集,再经直流/交流转换后(可通过逆变器)升压并网。受电网消纳能力限制,光伏发电系统不可避免经常发生弃光弃电现象。

[0003] 在光伏发电系统设计中,考虑到各地区光照条件、环境温度均不相同,加之组件失配、阴影遮挡、积灰影响以及直流线缆损耗等各方面因素,往往提升容配比,从而提高逆变器、箱变等设备的利用率,降低系统的工程造价,同时可以摊薄升压站、送出线路等公用设施的投资成本,进一步降低造价,降低发电成本。受电网消纳能力的限制,提高容配比后,光伏发电系统的弃光弃电比例上升。另外,受逆变器容量限制,超配后光伏大发时间段,光伏直流电无法逆变的比例也大幅上升。

[0004] 随着光伏风电等新能源装机规模的快速增长,弃风、弃光现象进一步凸显,如何高效利用光伏风电的弃电是亟待解决的技术问题。

[0005] 授权公告号为CN 204388034 U的中国专利公开了一种综合利用储能和智能电网的系统,包括储热系统、放热系统和自动智能控制系统;储热系统由低温储罐、电加热设备、集热镜场和高温储罐组成;放热系统由高温储罐、过热器、蒸发器、预热器、低温储罐和用热设备组成;自动智能控制系统由自动智能控制器及其附属设备组成;水依次经由预热器、蒸发器、过热器被由电加热设备或集热镜场加热后储存在高温储罐中的储热介质加热成为过热蒸汽,供用热设备工作,自动智能控制系统控制用热设备的启停。该方案提供了利用电加热设备进行储热的系统,该电加热设备可以利用低谷电能和风电、水电、光伏的弃电,但是,并没有公开具体是利用的直流电还是交流电,对于超装后无法逆变上网的光伏直流电能否利用并不清楚。

[0006] 申请公布号为CN 114336744 A的中国专利公开了一种适用于卤水锂矿开采的太阳能多能互补系统及方法,包括光伏电站、蓄电池、电网、电加热器及光热电站,光伏电站为主发电单元,用于提供工厂用电和光热电站用电,剩余电量依次用于蓄电池存储电能、电加热器供电、并网发电,光热电站为工厂提供电能和蒸汽,电加热器是光伏系统的弃电回收和光热系统的热源补充装置,用于辅助加热熔盐,电网用于用电补偿及给电加热器供电,蓄电池用于给工厂供电、满足光热电站用电及给电加热器供电。该方案能够将光伏电站的剩余电量为电加热器供电,即可以利用弃电,该方案也没有公开利用的是直流电还是交流电,对于超装后无法逆变上网的光伏直流电能否利用并不清楚。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种光伏直流电加热熔盐储热系统及其储热方法,以解决上

述现有技术存在的问题,通过将直流输变装置电连接在光伏发电装置和电加热装置之间,并从光伏发电装置的直流侧取电加热,能充分利用受电网消纳能力限制的发电量和受逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量,可最大限度的提升光伏弃电的利用率。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

本发明提供一种光伏直流电加热熔盐储热系统,包括光伏发电装置、直流输变装置和电加热装置,所述光伏发电装置包括将太阳光的光能转换成直流电的直流侧和将直流电逆变成交流电接入电网的交流侧;所述直流输变装置包括用于匹配所述电加热装置的直流电压等级的直流变压单元,所述直流变压单元的输入端与所述光伏发电装置的直流侧电连接,所述直流变压单元的输出端与所述电加热装置电连接;所述光伏发电装置受逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量以及受电网消纳能力限制的发电量,经所述直流变压单元变换电压等级后,输送到所述电加热装置,通过所述电加热装置对熔盐储热系统中的熔盐进行加热。

[0009] 优选地,所述直流输变装置包括用于使所述光伏发电装置的太阳能光伏组件运行在最大功率点的最大功率追踪控制单元。

[0010] 优选地,还包括交流变压换流装置,所述交流变压换流装置的输入端电连接电网,所述交流变压换流装置的输出端电连接在所述直流变压单元的输入端。

[0011] 优选地,所述熔盐储热系统包括通过管路顺次连通的低温熔盐储罐、熔盐加热罐体和高温熔盐储罐,所述低温熔盐储罐与所述熔盐加热罐体之间设置有循环熔盐泵。

[0012] 优选地,所述熔盐加热罐体沿熔盐流动方向设置有若干所述电加热装置。

[0013] 优选地,所述熔盐加热罐体采用卧式筒体结构,所述卧式筒体结构内间隔交错设置有若干折流板,所述电加热装置设置在相邻的所述折流板之间,熔盐由所述卧式筒体结构的一端流入,经所述折流板的折流流动后由所述卧式筒体结构的另一端流出。

[0014] 优选地,所述熔盐加热罐体串并联布置有若干个,顺着熔盐的流动方向划分成若干温度区间,不同温度区间的所述熔盐加热罐体和所述电加热装置选择不同的材质。

[0015] 优选地,所述光伏发电装置和所述直流输变装置并行布置有多组,每个所述熔盐加热罐体连接有至少一组所述光伏发电装置和所述直流输变装置,所述直流输变装置与所述交流变压换流装置采用共直流母线电连接。

[0016] 本发明还提供一种光伏直流电加热熔盐储热方法,应用前文记载的所述的光伏直流电加热熔盐储热系统,包括以下内容:

正常发电状态,光伏发电装置将太阳能转换成直流电,直流电经逆变成交流电接入电网;

当所述光伏发电装置的容配比较高,而电网的消纳能力有限时,在光伏发电高峰时间段,所述光伏发电装置的发电量高于电网的消纳能力,即存在受电网消纳能力限制的发电量,此时,由所述光伏发电装置的直流侧取电,将所述光伏发电装置的直流电经直流变压单元变换电压等级后,输送到电加热装置,通过所述电加热装置对熔盐储热系统中的熔盐进行加热;

当所述光伏发电装置的逆变器容量有限时,在光伏发电高峰时间段,所述光伏发电装置的发电量高于所述逆变器逆变能力,即存在受所述逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量,此时,由所述光伏发电装置的直流侧取电,将所述光伏发电装置的直流电经所

述直流变压单元变换电压等级后,输送到所述电加热装置,通过所述电加热装置对熔盐储热系统中的熔盐进行加热;

当电网交流电存在谷电时,或所述光伏发电装置发电能力较弱时,此时,自电网交流电取电,将电网交流电经交流变压换流装置交直流转换后,以直流形式输送到所述电加热装置,通过所述电加热装置对熔盐储热系统中的熔盐进行加热。

[0017] 优选地,在熔盐加热罐体内经加热升温的熔盐流入高温熔盐储罐,所述高温熔盐储罐中的熔盐进行换热后,热量被利用,高温熔盐经换热后温度下降并回到低温熔盐储罐中;

所述低温熔盐储罐中的熔盐再进入所述熔盐加热罐体中进行加热流程,如此循环往复。

[0018] 本发明相对于现有技术取得了以下技术效果:

(1) 本发明通过将直流输变装置电连接在光伏发电装置和电加热装置之间,并从光伏发电装置的直流侧取电加热,能充分利用受电网消纳能力限制的发电量和受逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量,可最大限度的提升光伏弃电的利用率;

(2) 本发明将电网交流电交直变换后与光伏直流电共母线接入电加热装置,可大幅简化电加热装置的供配电线路,降低电加热装置造价,增加电加热装置运行的灵活性,在此基础上,电网交流电可以采用电网谷电,当电网谷电价格较低时,充分利用电网谷电可显著提升系统的投用率;

(3) 本发明熔盐加热罐体采用卧式筒体结构,卧式筒体结构内间隔交错设置有若干折流板,一方面,折流板可增加卧式筒体结构的结构强度,另一方面,折流板交错布置,可引导熔盐在流动方向上不断被加热升温,使熔盐与电加热装置充分热交换,避免局部超温造成的危害;

(4) 本发明熔盐加热罐体串并联布置有若干个,顺着熔盐的流动方向划分成若干温度区间,可以根据不同温度区间的温度范围,选择不同加热区间的熔盐加热罐体和电加热装置为不同的材质,可以在温度相对较低的温度区间选择价格低且能满足需求的材质,从而可以显著降低熔盐加热罐体和电加热装置的制造成本;

(5) 本发明交流变压换流装置用于将电网交流电经变压和交直流换流后输送到直流变压单元的输入端,光伏发电装置和直流输变装置可以并行布置有一组或多组,一个或多个直流输变装置与交流变压换流装置采用共直流母线电连接,在光伏直流电和电网交流电都可利用时,将电网交流电经变压换流后与光伏直流电共母线连接,可为电加热储能系统提供备用电源,提高储能系统的投用率,不仅可以形成母线电压/功率支撑和功率互济共享,还可根据光伏发电成本和外网电力成本,合理调配各自加热功率,进一步提升熔盐电加热储能的经济性。

## 附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0020] 图1为本发明整体结构示意图；  
图2为图1中仅采用光伏发电装置进行供电的结构示意图；  
图3为图1中仅采用交流变压换流装置进行供电的结构示意图；  
图4为本发明熔盐加热罐体内电加热装置布置结构示意图；  
图5为本发明熔盐加热罐体串并联布置结构示意图；  
图6为本发明光伏发电装置的发电曲线；  
图7为本发明直流输变装置结构示意图；  
图8为本发明直流输变装置与交流变压换流装置采用共直流母线电连接结构示意图；

图9为本发明熔盐循环流程图；

其中,1、光伏发电装置;2、交流变压换流装置;3、直流输变装置;31、最大功率追踪控制单元;32、直流变压单元;4、电加热装置;5、熔盐加热罐体;51、折流板;6、低温熔盐储罐;7、循环熔盐泵;8、高温熔盐储罐;9、蒸汽发生系统;10、汽轮发电机组;

a、低温区;b、中温区;c、高温区;

①、受逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量;②、受电网消纳能力限制的发电量。

## 具体实施方式

[0021] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅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。

[0022] 本发明的目的是提供一种光伏直流电加热熔盐储热系统及其储热方法,以解决现有技术存在的问题,通过将直流输变装置电连接在光伏发电装置和电加热装置之间,并从光伏发电装置的直流侧取电加热,能充分利用受电网消纳能力限制的发电量和受逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量,可最大限度的提升光伏弃电的利用率。

[0023] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0024] 如图1、图2所示,本发明提供一种光伏直流电加热熔盐储热系统,包括光伏发电装置1、电连接在光伏发电装置1的直流侧的直流输变装置3以及与直流输变装置3电连接的电加热装置4,其中,光伏发电装置1包含光伏阵列、直流汇集单元,通过光伏阵列的串并联,在直流汇集单元得到所需的源侧直流输出,再经过逆变器转换成交流电后接入电网。光伏发电装置1通过线缆与直流输变装置3的入口连接,直流输变装置3的出口与电加热装置4通过线缆连接,形成光伏直流电加热回路。具体的,由于没有在光伏发电装置1交流侧连接,而是直接连接在了直流侧,光伏发电装置1将太阳光的光能转换成光伏直流电的直流电能后可以直接输出到直流输变装置3。直流输变装置3用于将光伏直流电匹配输送到电加热装置4,由于光伏发电装置1转换的电能会因为电压等级等因素不能直接进行应用,通过直流输变装置3的转换能够符合电加热装置4的应用需求。电加热装置4用于加热熔盐储热系统中的熔盐,将电能转换成熔盐的热能而进行储存。如图6所示,其中①区为受逆变器逆变能力限

制无法逆变上网的发电量,②区为受电网消纳能力限制的发电量。若从光伏发电装置交流侧取电加热,只能利用②区的发电量,而从直流侧取电加热,可同时利用①区和②区的发电量。因此,本发明通过将直流输变装置3电连接在光伏发电装置1和电加热装置4之间,并从光伏发电装置1的直流侧取电加热,能充分利用受电网消纳能力限制的发电量和受逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量,可最大限度的提升光伏弃电的利用率。

[0025] 结合图7所示,直流输变装置3可以包括最大功率追踪控制单元31和直流变压单元32,具有最大功率点追踪、变压和调节功率等控制功能。由于光伏发电装置1受到光强以及环境等外界因素的影响,其输出功率是变化的,光照强度越强发出的电能就越多,反之则越少,最大功率追踪控制单元31能够充分的利用光伏发电装置1的太阳能光伏组件,使之运行在最大功率点,进而可调节控制电加热装置4的输出功率。直流变压单元32能够改变光伏发电装置1输出的直流电能的电压等级,用于匹配电加热装置4的需求。

[0026] 如图1和图3所示,还可以包括交流变压换流装置2,交流变压换流装置2用于将电网交流电(包括公共电网或专属电源的交流谷电或弃电)经变压和交直换流后输送到直流变压单元32的输入端,能够为电加热装置4提供备选的电力来源。本发明将电网交流电交直变换后与光伏直流电共母线接入电加热装置4,可大幅简化电加热装置4的供配电线路,降低电加热装置4造价,增加电加热装置4运行的灵活性,在此基础上,电网交流电可以采用电网谷电。由于光伏电加热系统仅在白天太阳辐照较高的条件下可以实际运行,总体投用率偏低。电网谷电时间段通常在夜间,当电网谷电价格较低时,充分利用电网谷电可显著提升系统的投用率。但现有技术中,电网交流电无法直流接入直流电加热系统。本发明通过将电网交流电交直变换后与光伏直流电共母线接入电加热系统,可大幅简化系统的供配电线路,降低系统造价,增加电加热装置4运行的灵活性。从光伏发电装置1直流侧取电加热,能充分利用受电网消纳能力限制的发电量和受逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量,光伏发电利用率获得提升。通过交流变压换流装置2,电加热装置4可以在外电网有谷电和弃电时,利用外部电源进行加热储能,电加热装置4的投用率获得提升。

[0027] 如图1所示,熔盐储热系统包括通过管路顺次连通的低温熔盐储罐6、熔盐加热罐体5和高温熔盐储罐8,低温熔盐储罐6与熔盐加热罐体5之间设置有循环熔盐泵7。低温熔盐储罐6用于储存温度相对较低的熔盐,高温熔盐储罐8用于储存经过升温后的温度相对较高的熔盐。运行时,低温熔盐储罐6中的低温熔盐在循环熔盐泵7的作用下被泵入熔盐加热罐体5,在熔盐加热罐体5内的电加热装置4的加热作用下被加热成高温熔盐,随后高温熔盐进入高温熔盐储罐8。通过变频调节循环熔盐泵7可调节熔盐的流量,以适应电加热装置4的加热功率的变化趋势。

[0028] 熔盐加热罐体5沿熔盐流动方向可以设置有若干电加热装置4,熔盐加热罐体5可以根据电加热装置4的加热容量并行扩展。多个电加热装置4可以从熔盐加热罐体5上方并列插装到熔盐加热罐体5中,并浸没在熔盐中,熔盐在流动方向上不断被电加热装置4加热升温,提高熔盐加热的均匀性。

[0029] 结合图4所示,熔盐加热罐体5可以采用卧式筒体结构,卧式筒体结构内间隔交错设置有若干折流板51,能够形成熔盐的折线形流动轨迹,电加热装置4设置在相邻的折流板51之间,熔盐由卧式筒体结构的一端流入,经折流板51的折流流动后由卧式筒体结构的另一端流出。通过折流板51的设置,一方面,折流板51具有肋板的作用可增加卧式筒体结构的

结构强度,另一方面,折流板51交错布置,可引导熔盐在流动方向上不断被电加热装置4加热升温,使熔盐与电加热装置4充分热交换,避免局部超温造成的危害。

[0030] 结合图5所示,熔盐加热罐体5可以串并联布置有若干个,也就是说,若干熔盐加热罐体5串联设置,若干组串联设置的熔盐加热罐体5并联设置,形成多条熔盐流动的路径。顺着熔盐的流动方向可以划分成若干温度区间,例如,可以划分为低温区a、中温区b和高温区c,每个温度区间可以包括一个或多个熔盐加热罐体5,不同温度区间的熔盐加热罐体5和电加热装置4可以选择不同的材质,通过在温度相对较低的温度区间选择价格低且能满足需求的材质,从而可以显著降低熔盐加热罐体5和电加热装置4的制造成本。具体的,低温区a加热温度可以设定在290~400℃,熔盐加热罐体5和电加热装置4的主体材料可以选择20G碳钢,中温区b加热温度可以设定在400~500℃,熔盐加热罐体5和电加热装置4的主体材料可以选择321H不锈钢,高温区c加热温度可以设定在500~560℃,熔盐加热罐体5和电加热装置4的主体材料可以选择347H合金钢。

[0031] 如图8所示,光伏发电装置1和直流输变装置3可以并行布置有多组,每组形成一直流电加热回路,直流电加热回路可以根据电加热装置4的加热容量并行扩展。每个熔盐加热罐体5连接有至少一组光伏发电装置1和直流输变装置3,直流输变装置3与交流变压换流装置2采用共直流母线电连接。因此,本发明光伏发电装置1和直流输变装置3可以并行布置有一组或多组,一个或多个直流输变装置3与交流变压换流装置2采用共直流母线电连接,在光伏直流电和电网交流电都可利用时,将电网交流电经变压换流后与光伏直流电共母线连接,可为电加热储能系统提供备用电源,提高储能系统的投用率,不仅可以形成母线电压/功率支撑和功率互济共享,还可根据光伏发电成本和外网电力成本,合理调配各自加热功率,进一步提升熔盐电加热储能的经济性。例如,在一具体实施例中,光伏发电装置1与电加热装置4的距离约为1km,光伏组件通过串并联汇集为多个容量为3.3MW的光伏子阵列,直流电压为DC1500V,通过电缆接至设在电加热装置4附近的直流输变装置3,同时,电网交流电经交流变压换流装置2降压换流为DC1500V后与光伏直流电母线汇接,直流输变装置3再将DC1500V的直流电降压为DC690V接至电加热装置4。由于光伏电压受太阳辐照影响,光伏直流电压和输出功率存在波动,共母线连接可以形成母线电压/功率支撑,当光伏直流电和电网交流电都可充分利用时,还可根据光伏发电成本和外网电力成本,合理调配各自加热功率,进一步提升熔盐电加热储能的经济性。

[0032] 结合图1所示,本发明还提供一种光伏直流电加热熔盐储热方法,可以应用前文记载的光伏直流电加热熔盐储热系统,包括以下内容:

正常发电状态,光伏发电装置1将太阳能转换成直流电,直流电经逆变成交流电接入电网;

当光伏发电装置1的容配比较高,而电网的消纳能力有限时,在光伏发电高峰时间段,光伏发电装置1的发电量高于电网的消纳能力,即存在受电网消纳能力限制的发电量,此时,由光伏发电装置1的直流侧取电,将光伏发电装置1的直流电经直流变压单元32变换电压等级后,输送到电加热装置4,通过电加热装置4对熔盐储热系统中的熔盐进行加热;

当光伏发电装置1的逆变器容量有限时,在光伏发电高峰时间段,光伏发电装置1的发电量高于逆变器逆变能力,即存在受逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量,此时,由光伏发电装置1的直流侧取电,将光伏发电装置1的直流电经直流变压单元32变换电

压等级后,输送到电加热装置4,通过电加热装置4对熔盐储热系统中的熔盐进行加热;

当电网交流电存在谷电时,或光伏发电装置1发电能力较弱时,此时,自电网交流电取电,将电网交流电经交流变压换流装置2交直流转换后,以直流形式输送到电加热装置4,通过电加热装置4对熔盐储热系统中的熔盐进行加热。

[0033] 综上所述,当光伏发电系统存在受电网消纳能力限制的发电量和受逆变器逆变能力限制无法逆变上网的发电量时,可以自光伏发电装置1的直流侧取电输送到熔盐加热罐体5中的电加热装置4,即采用光伏直流电加热电加热装置4;也可以在电网交流电存在谷电时,自电网交流电取电输送到熔盐加热罐体5中的电加热装置4;或者同时应用光伏直流电和电网交流电进行加热电加热装置4。因此,电加热装置4既可单独使用光伏直流电进行加热,或单独使用电网交流电进行加热,还可以由光伏直流电和电网交流电同时加热,通过共直流母线,形成母线电压/功率支撑和功率互济共享。

[0034] 利用电加热装置4对熔盐加热罐体5中的熔盐进行加热。

[0035] 经加热升温的熔盐流入高温熔盐储罐8,高温熔盐储罐8中的熔盐进行换热后,热量被利用,高温熔盐经换热后温度下降并回到低温熔盐储罐6中。一具体实施例中,结合图9所示,经熔盐加热罐体5中的电加热装置4加热升温的熔盐流入高温熔盐储罐8,高温熔盐储罐8中熔盐再被泵入蒸汽发生系统9,经盐水换热产生高温高压蒸汽推动汽轮发电机组10发电,高温熔盐经换热后温度下降并回到低温熔盐储罐6中;

低温熔盐储罐6中的熔盐再进入熔盐加热罐体5中进行加热流程,如此循环往复。

[0036] 本发明中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

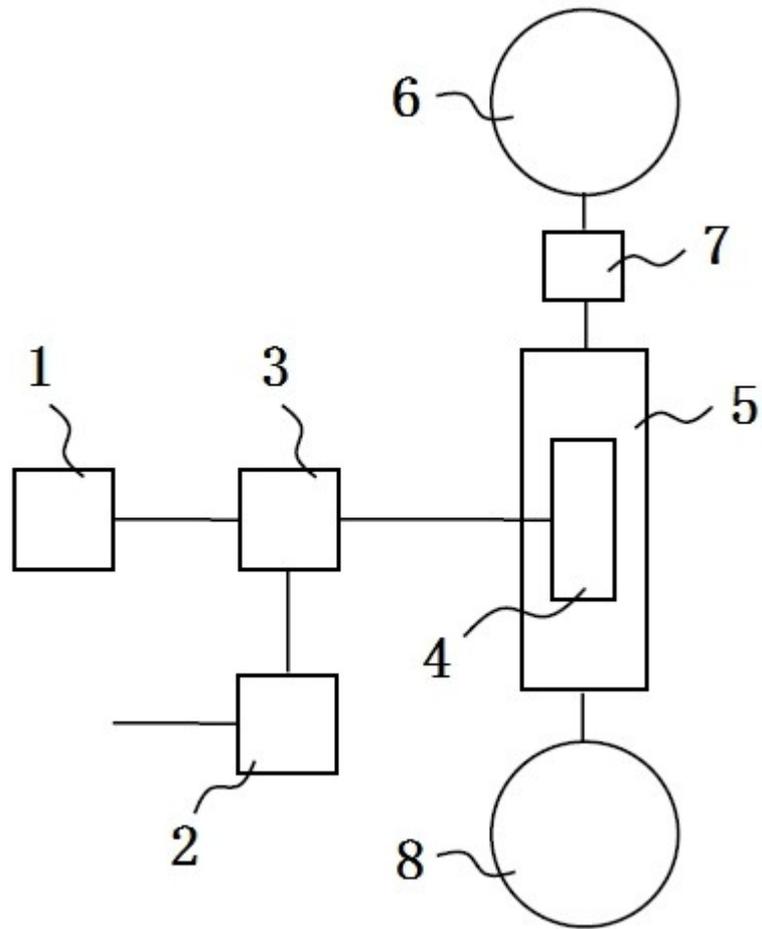


图1

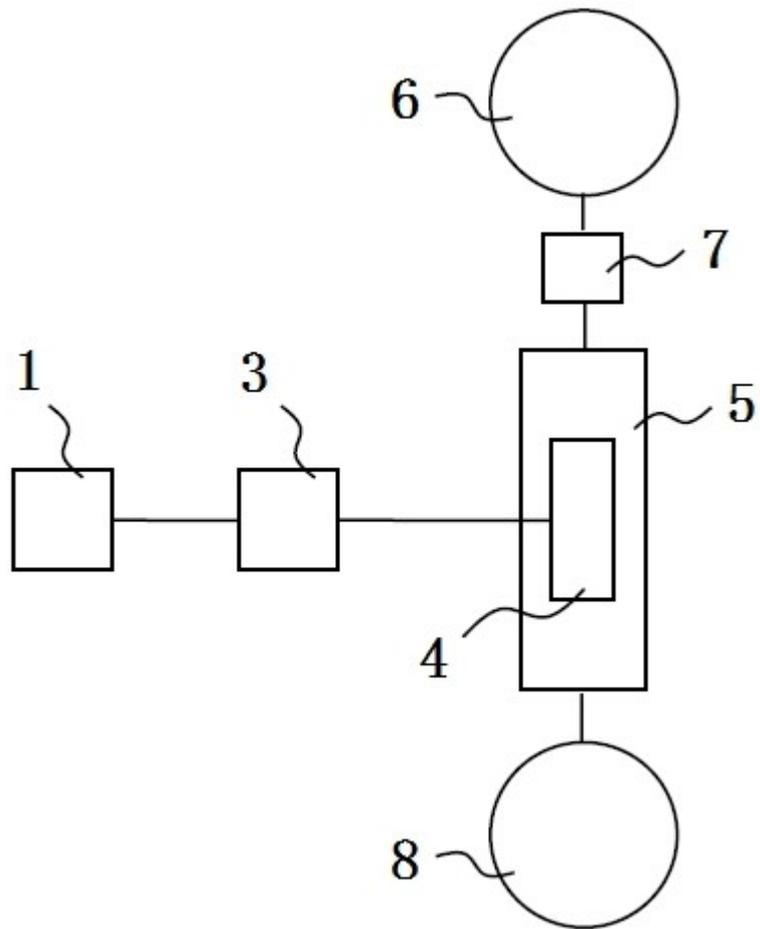


图2

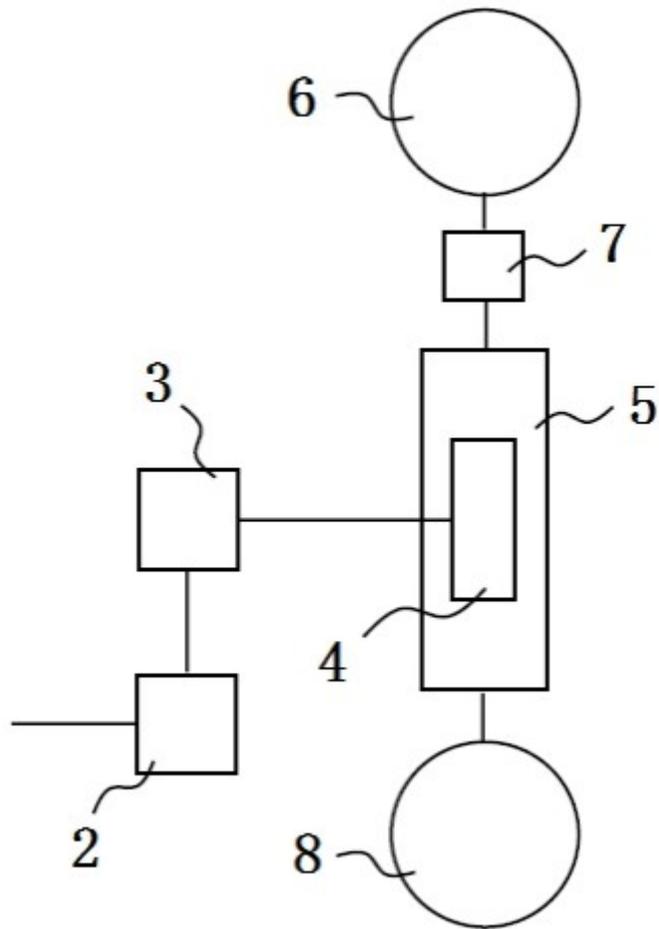


图3

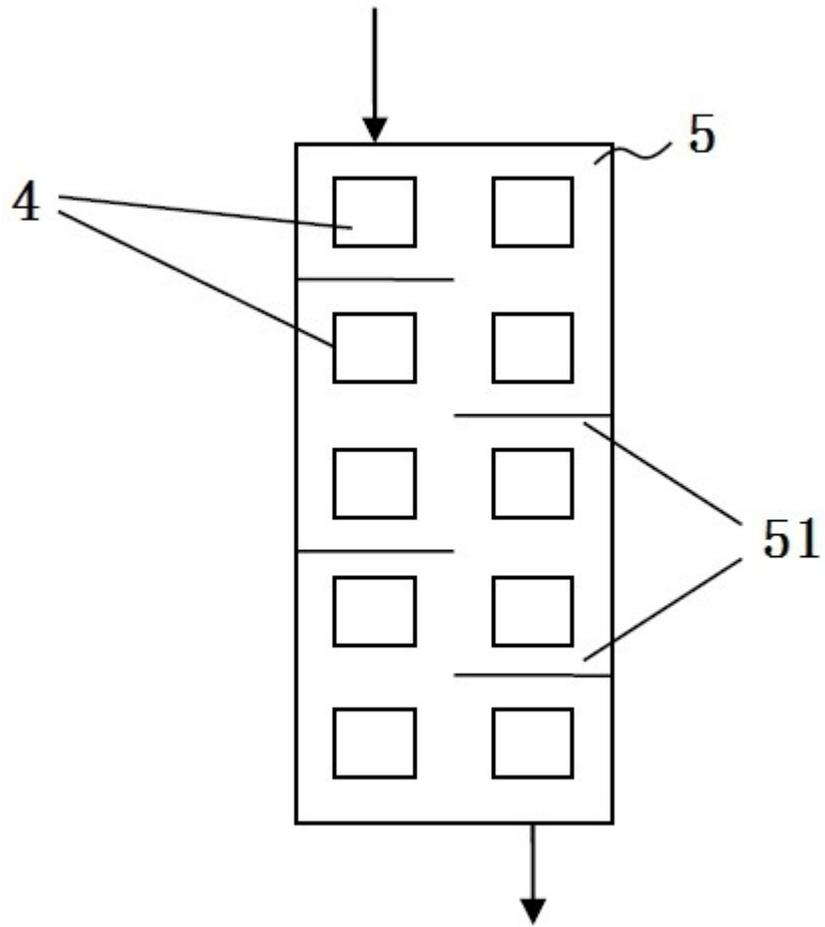


图4

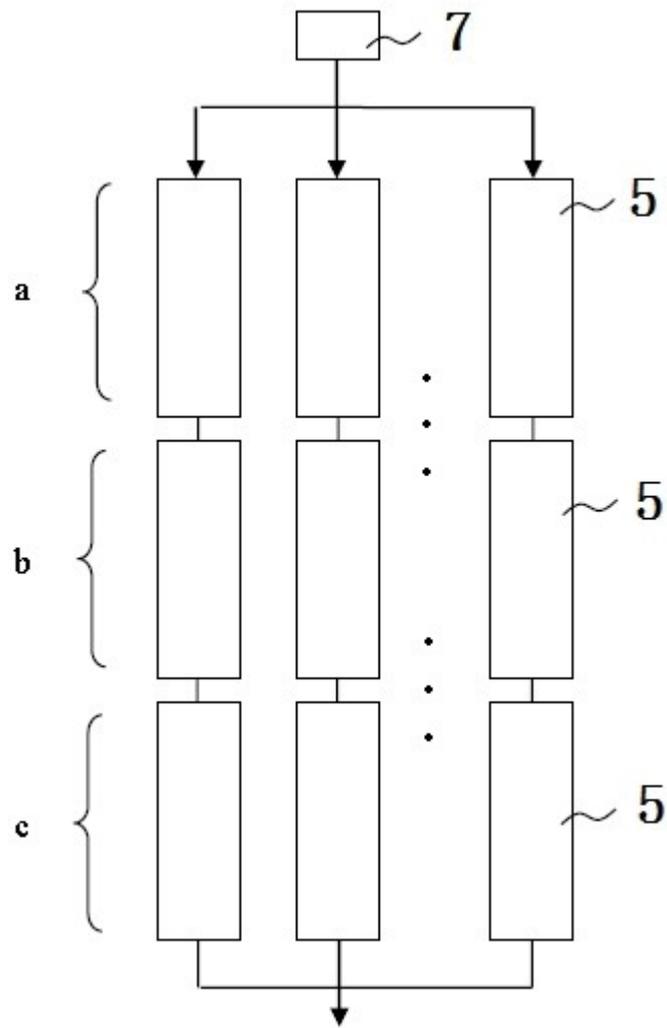


图5

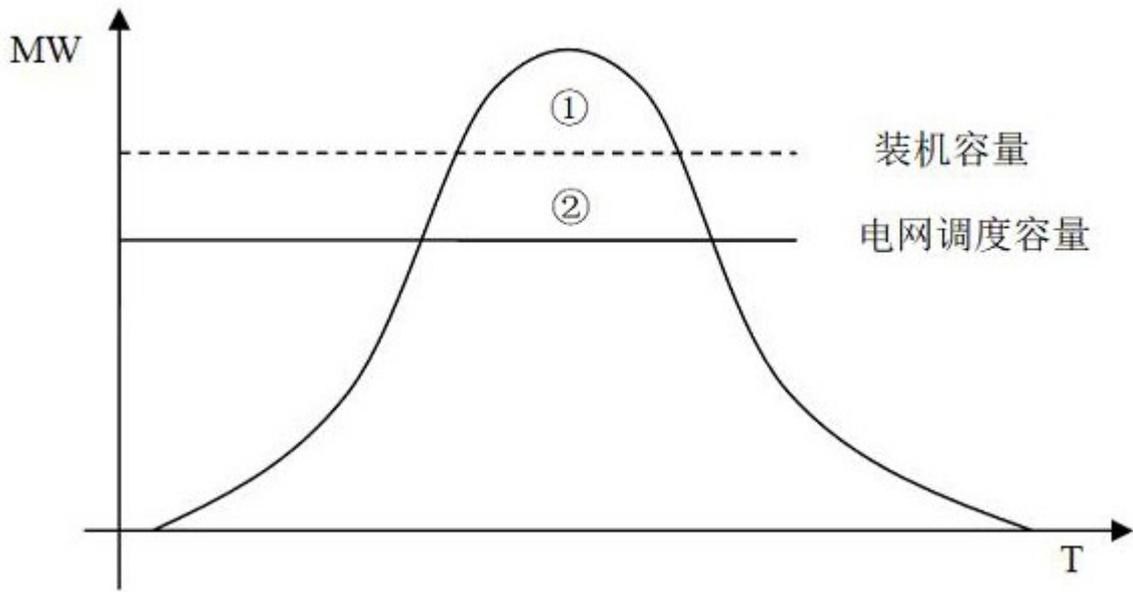


图6

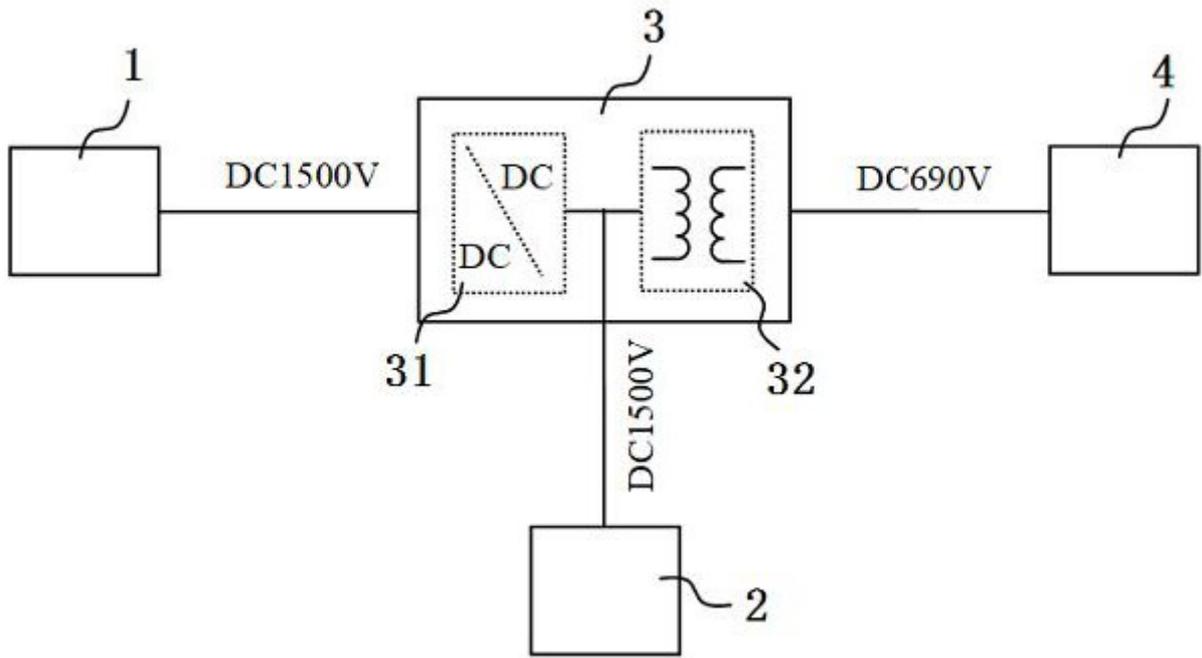


图7

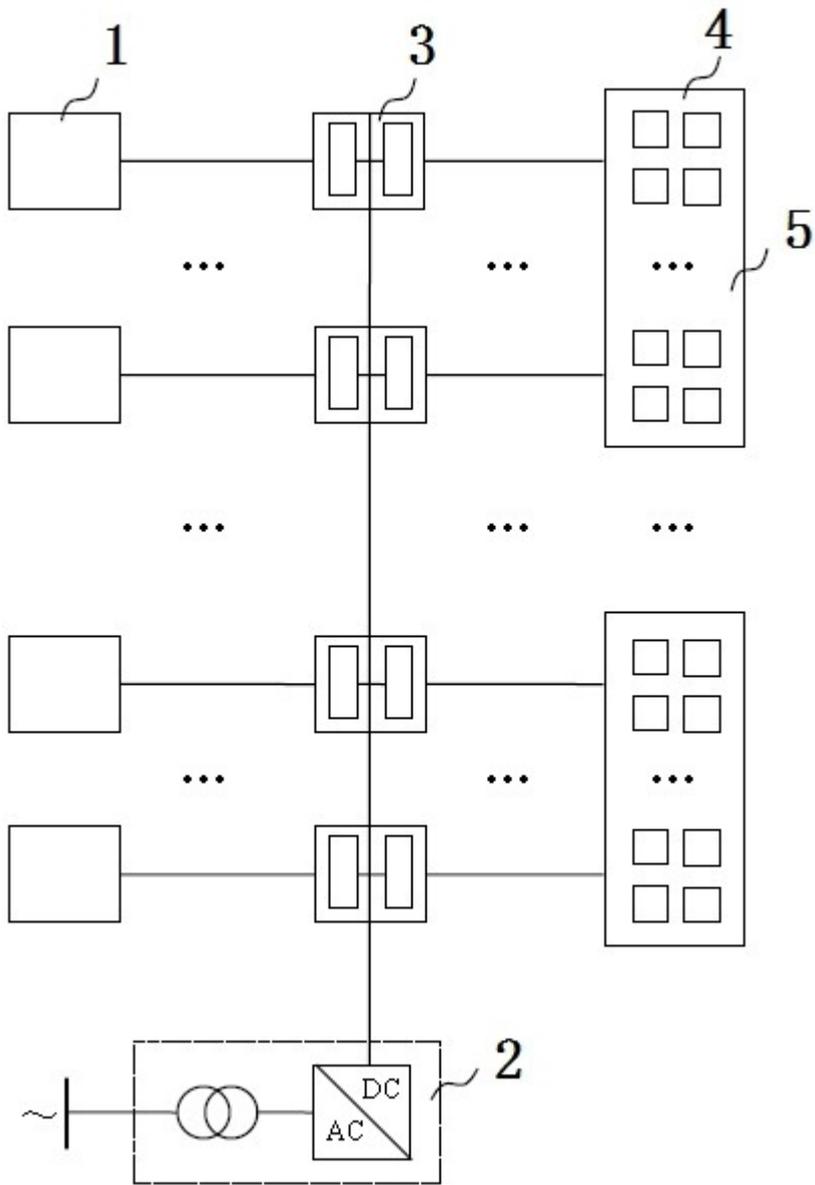


图8

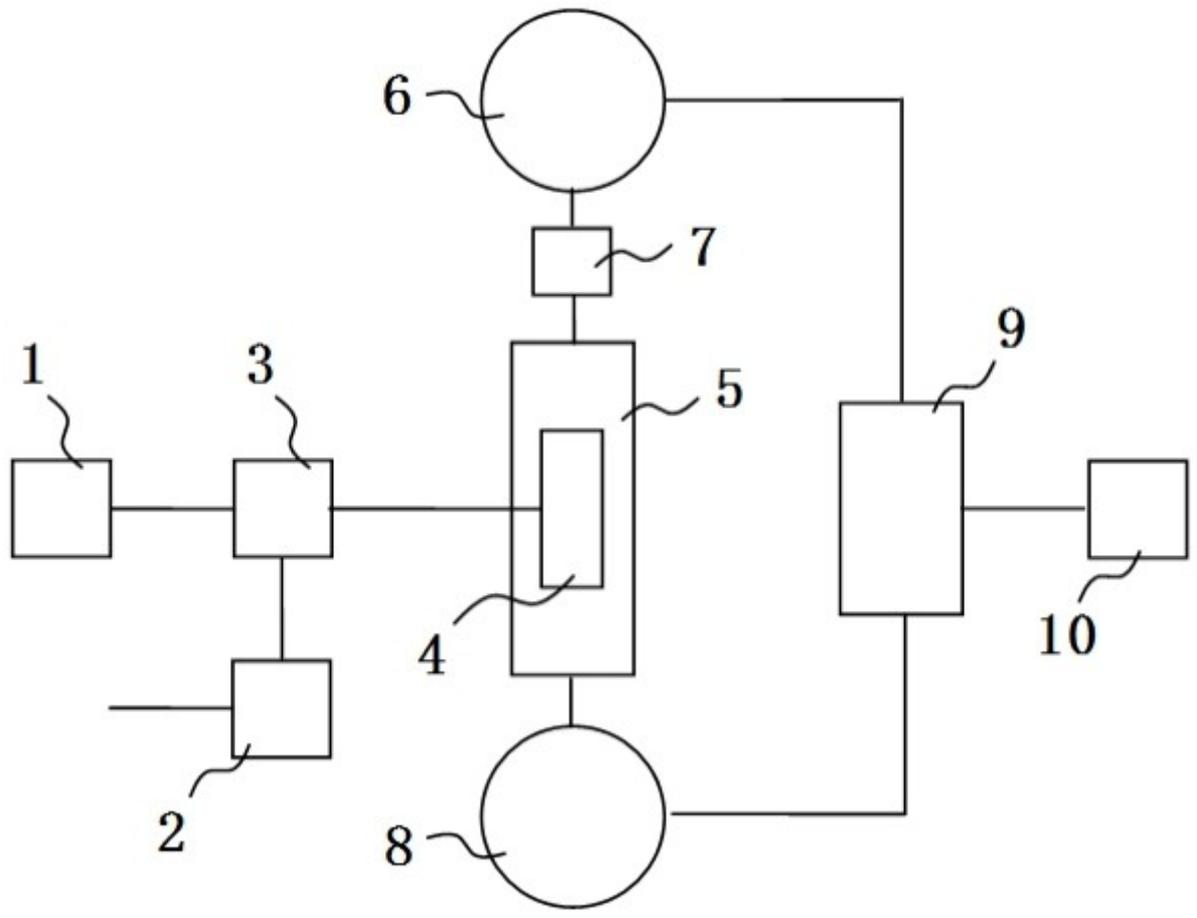


图9