



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109687002 A

(43)申请公布日 2019.04.26

(21)申请号 201811343552.7

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2018.11.13

H01M 8/0656(2016.01)

H02S 10/10(2014.01)

(71)申请人 中广核研究院有限公司

H02S 10/12(2014.01)

地址 518000 广东省深圳市福田区上步中路西深圳科技大厦15层(1502-1504、1506)

H02S 40/44(2014.01)

F25B 29/00(2006.01)

申请人 中国广核电力股份有限公司  
中国广核集团有限公司

(72)发明人 吴昊 郭树生 齐宇博 黄文有  
向文元 钟质飞 王尧 位召祥  
刘波 杨森

(74)专利代理机构 深圳汇智容达专利商标事务所(普通合伙) 44238

代理人 潘中毅 熊贤卿

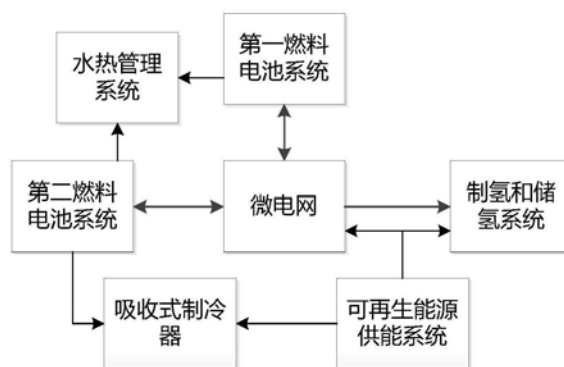
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

一种分布式冷热电联供系统

(57)摘要

本发明提供一种分布式冷热电联供系统,其中:制氢和储氢系统电解高温水蒸汽产生氧气和氢气;第一燃料电池系统利用氧气或者空气,以及氢气发电,并将发电产生的电能输送至微电网;第二燃料电池系统利用氢气或者天然气,以及空气进行发电,并将电能输送至微电网,还将剩余的氢气或天然气,以及空气进行燃烧产生烟气;吸收式制冷器利用烟气以及高温水蒸汽进行制冷;水热管理系统导出第一燃料电池系统、制氢和储氢系统以及吸收式制冷器运行时产生的热量,并以热水形式供应用户;可再生能源供能系统生成高温水蒸气。本发明可以实现多能互补,提高供能效率和能源安全性,降低化石燃料消耗,没有CO<sub>2</sub>排放量大的缺点,还能实现热能、电能、冷量的联合供应。



1. 一种分布式冷热电联供系统,其特征在于,包含有:微电网、可再生能源供能系统、制氢和储氢系统、第一燃料电池系统、第二燃料电池系统、吸收式制冷器、水热管理系统;其中,

所述制氢和储氢系统,用于电解高温水蒸汽产生氧气和氢气,并对生成的氢气进行存储;

所述第一燃料电池系统,用于利用氧气或者空气,以及氢气进行发电,并将发电产生的电能输送至所述微电网;

所述第二燃料电池系统,用于利用氢气或者天然气,以及空气进行发电,并将发电产生的电能输送至所述微电网,还将发电所剩余的氢气或天然气,以及空气进行燃烧,产生烟气;

所述吸收式制冷器,用于利用所述第二燃料电池系统产生的烟气以及高温水蒸汽进行制冷,并将冷量供应用户;

所述水热管理系统,用于导出所述第一燃料电池系统、所述制氢和储氢系统以及所述吸收式制冷器运行时产生的热量,并以热水形式供应用户;

所述可再生能源供能系统,用于利用太阳能进行发电和对水进行加热生成高温水蒸气,并将高温水蒸气送至所述制氢和储氢系统以及所述吸收式制冷器。

2. 根据权利要求1所述的分布式冷热电联供系统,其特征在于,所述第一燃料电池系统包含有:质子交换膜燃料电池电堆、热水箱;

所述质子交换膜燃料电池电堆,用于利用氢气以及空气或氧气进行发电并将发电产生的电能输送至所述微电网,且在发电时产生热水;

所述热水箱,用于接收所述质子交换膜燃料电池电堆运行时产生的热水,并供应用户。

3. 根据权利要求1所述的分布式冷热电联供系统,其特征在于,所述第二燃料电池系统包含有:混合器、第一预热器、重整器、鼓风机、第二预热器、固体氧化物燃料电池电堆、催化燃烧器;

所述混合器,用于将天然气与高温水蒸气进行混合得到混合气体,并将所述混合气体送至所述第一预热器;

所述第一预热器,用于将所述混合器送来的混合气体预热后,送入所述重整器;

所述重整器,用于接收所述混合气体,并利用所述催化燃烧器产生的高温烟气进行重整反应;

所述鼓风机的输入端用于接收空气,所述鼓风机的输出端与所述第二预热器的输入端连接,所述第二预热器的输出端与所述固体氧化物燃料电池电堆连接;

所述第二预热器,用于将所述鼓风机送来的空气预热后送至所述固体氧化物燃料电池电堆;

所述固体氧化物燃料电池电堆,用于利用所述重整器送来的混合气体以及所述第二预热器送来的空气进行电化学反应发电,并将反应过剩的混合气体及空气送至所述催化燃烧器;

所述催化燃烧器,用于接收所述固体氧化物燃料电池电堆送来的混合气体和空气,进行燃烧反应,产生高温烟气,并将高温烟气送至所述重整器。

4. 根据权利要求3所述的分布式冷热电联供系统,其特征在于,制氢和储氢系统包含

有：高温电解装置、储氢装置、压缩机；

所述高温电解装置，用于电解高温水蒸气以生成氢气和氧气，并通过所述压缩机将生成的氢气送至所述储氢装置存储。

5. 根据权利要求4所述的分布式冷热电联供系统，其特征在于，可再生能源供能系统包含有：聚光分频器、光热集热管、光伏板、风电机；

所述聚光分频器，用于按照短波、长波分离，分别将太阳能光谱送至所述光热集热管和所述光伏板；

所述光伏板，用于短波太阳能光谱进行发电；

所述光热集热管，用于利用长波太阳能光谱将水加热成高温水蒸气，并将高温水蒸气输送至所述高温电解装置。

6. 根据权利要求5所述的分布式冷热电联供系统，其特征在于，所述吸收式制冷器，包含有吸收器、发生器、冷凝器、蒸发器；

所述发生器，用于吸收所述第二燃料电池系统所产生的高温烟气的热量或所述光热集热管产生的高温水蒸汽的热量，使所述发生器内部的制冷剂溶液蒸发生成制冷剂蒸汽，且将所述制冷剂蒸汽送至所述冷凝器；

所述冷凝器，用于将所述制冷剂蒸汽冷却成制冷剂水，并将所述制冷剂水送至所述蒸发器；

所述蒸发器，用于将所述制冷剂水蒸发，以进行制冷，并将制冷产生的冷量向用户供应；

所述吸收器，用于将所述发生器中产生的制冷剂蒸汽吸收，形成混合溶液，并排出热量；

所述光热集热管，还用于给所述混合器和所述发生器提供高温水蒸汽。

7. 根据权利要求6所述的分布式冷热电联供系统，其特征在于，还包含有制冷盘管；

所述制冷盘管，用于将所述蒸发器的冷量输送至用户。

8. 根据权利要求6所述的分布式冷热电联供系统，其特征在于，所述水热管理系统包括第一热交换器、第二热交换器、暖气片；

所述第一热交换器，用于对所述第一燃料电池系统及所述制氢和储氢系统进行换热冷却，并将所述第一热交换器吸收的热量以热水形式供应给所述暖气片；

所述暖气片，用于接收来自所述第一热交换器的热水，并将热水送至用户以提供热量；

所述第二热交换器，用于对所述冷凝器和吸收器进行换热冷却，并将所述第二热交换器吸收的热量以热水形式输送给所述第一热交换器。

9. 根据权利要求1所述的分布式冷热电联供系统，其特征在于，所述微电网的发电侧还连接有超级电容器和锂电池。

## 一种分布式冷热电联供系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及能源技术领域,尤其涉及一种分布式冷热电联供系统。

### 背景技术

[0002] 随着当前能源结构在供需两端及电网输配电环节的矛盾日益凸显,用户侧对高质量、个性化和互动化供电的需求愈发迫切,以可再生能源分布式发电及储能实现建筑的多种能源的供应,一方面可以减轻电网扩容的压力,实现包括电、热、冷在内的能源用户侧自主管理,另一方面也可以保证对供电可靠性要求。

[0003] 另外值得一提的是,氢能以其高热值、最终清洁的特点,被认为是继电能之后最优的能量介质。氢用途广泛,包括燃料电池终端、化工、冶炼、医疗等均可应用,是良好的能源枢纽;氢储能(Power to Gas,P2G)具备同等能量下储氢体积小、可实现长时间储能(季度级别)、功率、能量可独立优化、储能容量扩大成本低廉(仅需储罐几何级别扩大)等特点。以氢作为储能介质,既能够使电能转化为一种更广用途的能量介质,又可以实现季度级别的长效储能。

[0004] 近几年,燃料电池发电技术日益受到关注。有别于传统的蒸汽动力循环发电技术效率低的缺点,燃料电池不受朗肯循环限制,直接由电化学反应产生电力,发电效率大幅提高;同时,燃料电池容量灵活、负荷响应迅速(秒级)、具备较强的过负载能力,非常适用于分布式发电,因此是未来最有前景的发电技术。

[0005] 以可再生能源发电为一次能源供给、以氢能(包括富氢化石能源)供应和储存为核心、以燃料电池热电联供和能量智能管理为主导的分布式能源系统,匹配楼宇、工业园区等用户,实现可再生能源与化石能源分布式供能,保障能源供应可靠性和节约电力的有效途径。该方案在经济性、环保性、储能综合效率等方面均具备一定优势。

[0006] 将燃料电池与其他设备耦合作为冷热电联供驱动装置的研究还处于起步阶段,研究内容主要包括:系统集成、热力性能分析、系统评价与优化,其中系统集成的研究主要集中在燃料电池—燃气轮机耦合系统、燃料电池与分布式发电设备耦合系统。相比于燃料电池与分布式发电设备耦合系统,燃料电池—燃气轮机耦合系统存在温室气体CO<sub>2</sub>排放量较大的问题。

[0007] 目前广州大学城分布式冷热电联供以及上海某工业园区冷热电联供等示范项目,系统中包含燃气轮机或者蒸汽轮机,在园区供能中存在旋转设备噪声大、CO<sub>2</sub>排放量大的缺点。

### 发明内容

[0008] 为解决上述技术问题,本发明提供一种分布式冷热电联供系统,可以提高供能效率,提高可再生能源渗透率,降低化石燃料消耗,没有CO<sub>2</sub>排放量大的缺点,没有噪音污染,还能按照用户需求实现热能、电能、冷量的供应,并且可以根据用户需求调节供应的比例。

[0009] 本发明提供一种分布式冷热电联供系统,包含有:微电网、可再生能源供能系统、

制氢和储氢系统、第一燃料电池系统、第二燃料电池系统、吸收式制冷器、水热管理系统；其中，

[0010] 所述制氢和储氢系统，用于电解高温水蒸汽产生氧气和氢气，并对生成的氢气进行存储；

[0011] 所述第一燃料电池系统，用于利用氧气或者空气，以及氢气进行发电，并将发电产生的电能输送至所述微电网；

[0012] 所述第二燃料电池系统，用于利用氢气或者天然气，以及空气进行发电，并将发电产生的电能输送至所述微电网，还将发电所剩余的氢气或天然气，以及空气进行燃烧，产生烟气；

[0013] 所述吸收式制冷器，用于利用所述第二燃料电池系统产生的烟气以及高温水蒸汽进行制冷，并将冷量供应用户；

[0014] 所述水热管理系统，用于导出所述第一燃料电池系统、所述制氢和储氢系统以及所述吸收式制冷器运行时产生的热量，并以热水形式供应用户；

[0015] 所述可再生能源供能系统，用于利用太阳能进行发电和对水进行加热生成高温水蒸气，并将高温水蒸气送至所述制氢和储氢系统以及所述吸收式制冷器。

[0016] 优选地，所述第一燃料电池系统包含有：质子交换膜燃料电池电堆、热水箱；

[0017] 所述质子交换膜燃料电池电堆，用于利用氢气以及空气或氧气进行发电并将发电产生的电能输送至所述微电网，且在发电时产生热水；

[0018] 所述热水箱，用于接收所述质子交换膜燃料电池电堆运行时产生的热水，并供应用户。

[0019] 优选地，所述第二燃料电池系统包含有：混合器、第一预热器、重整器、鼓风机、第二预热器、固体氧化物燃料电池电堆、催化燃烧器；

[0020] 所述混合器，用于将天然气与高温水蒸气进行混合得到混合气体，并将所述混合气体送至所述第一预热器；

[0021] 所述第一预热器，用于将所述混合器送来的混合气体预热后，送入所述重整器；

[0022] 所述重整器，用于接收所述混合气体，并利用所述催化燃烧器产生的高温烟气进行重整反应；

[0023] 所述鼓风机的输入端用于接收空气，所述鼓风机的输出端与所述第二预热器的输入端连接，所述第二预热器的输出端与所述固体氧化物燃料电池电堆连接；

[0024] 所述第二预热器，用于将所述鼓风机送来的空气预热后送至所述固体氧化物燃料电池电堆；

[0025] 所述固体氧化物燃料电池电堆，用于利用所述重整器送来的混合气体以及所述第二预热器送来的空气进行电化学反应发电，并将反应过剩的混合气体及空气送至所述催化燃烧器；

[0026] 所述催化燃烧器，用于接收所述固体氧化物燃料电池电堆送来的混合气体和空气，进行燃烧反应，产生高温烟气，并将高温烟气送至所述重整器。

[0027] 优选地，制氢和储氢系统包含有：高温电解装置、储氢装置、压缩机；

[0028] 所述高温电解装置，用于电解高温水蒸气以生成氢气和氧气，并通过所述压缩机将生成的氢气送至所述储氢装置存储。

- [0029] 优选地,可再生能源供能系统包含有:聚光分频器、光热集热管、光伏板、风电机;
- [0030] 所述聚光分频器,用于按照短波、长波分离,分别将太阳能光谱送至所述光热集热管和所述光伏板;
- [0031] 所述光伏板,用于短波太阳能光谱进行发电;
- [0032] 所述光热集热管,用于利用长波太阳能光谱将水加热成高温水蒸气,并将高温水蒸气输送至所述高温电解装置。
- [0033] 优选地,所述吸收式制冷器,包含有吸收器、发生器、冷凝器、蒸发器;
- [0034] 所述发生器,用于吸收所述第二燃料电池系统所产生的高温烟气的热量或所述光热集热管产生的高温水蒸汽的热量,使所述发生器内部的制冷剂溶液蒸发生成制冷剂蒸汽,且将所述制冷剂蒸汽送至所述冷凝器;
- [0035] 所述冷凝器,用于将所述制冷剂蒸汽冷却成制冷剂水,并将所述制冷剂水送至所述蒸发器;
- [0036] 所述蒸发器,用于将所述制冷剂水蒸发,以进行制冷,并将制冷产生的冷量向用户供应;
- [0037] 所述吸收器,用于将所述发生器中产生的制冷剂蒸汽吸收,形成混合溶液,并排出热量;
- [0038] 所述光热集热管,还用于给所述混合器和所述发生器提供高温水蒸汽。
- [0039] 优选地,还包含有制冷盘管;
- [0040] 所述制冷盘管,用于将所述蒸发器的冷量输送至用户。
- [0041] 优选地,所述水热管理系统包括第一热交换器、第二热交换器、暖气片;
- [0042] 所述第一热交换器,用于对所述第一燃料电池系统及所述制氢和储氢系统进行换热冷却,并将所述第一热交换器吸收的热量以热水形式供应给所述暖气片;
- [0043] 所述暖气片,用于接收来自所述第一热交换器的热水,并将热水送至用户以提供热量;
- [0044] 所述第二热交换器,用于对所述冷凝器和吸收器进行换热冷却,并将所述第二热交换器吸收的热量以热水形式输送给所述第一热交换器。
- [0045] 优选地,所述微电网的发电侧还连接有超级电容器和锂电池。
- [0046] 实施本发明,具有如下有益效果:采用燃料电池系统取代蒸汽动力循环发电,摆脱了卡诺循环限制,使得功能系统效率得到有效提升,并且本发明提供的系统采用可再生能源与化石能源耦合设计,降低了化石燃料消耗。而且,本发明提供的系统中还包含有吸收式制冷器,该制冷器可以利用燃料电池系统的余热以及来自可再生能源供能系统的高温水蒸气生成冷量向用户供应。此外,本发明提供的系统中还包括水热管理系统,使燃料电池系统、制氢和储氢系统、一体化吸收式制冷器的余热也可以被梯次收集向用户供应,实现了热能、电能、冷量的供应,使得供应产品多样化。

## 附图说明

[0047] 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,下面将对实施例或现有技术描述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。

- [0048] 图1是本发明提供的冷热电联供系统的示意图。
- [0049] 图2是本发明提供的微电网的示意图。
- [0050] 图3是本发明提供的吸收式制冷器的示意图。
- [0051] 图4是本发明提供的第一燃料电池系统的示意图。
- [0052] 图5是本发明提供的第二燃料电池系统的示意图。
- [0053] 图6是本发明提供的水热管理系统的示意图。
- [0054] 图7是本发明提供的制氢和储氢系统及可再生能源供能系统的示意图。
- [0055] 图8是本发明提供的分布式冷热电联供系统的整体详细示意图。

### 具体实施方式

[0056] 本发明提供一种分布式冷热电联供系统,如图1所示,该系统包含有:微电网、可再生能源供能系统、制氢和储氢系统、第一燃料电池系统、第二燃料电池系统、吸收式制冷器、水热管理系统。

[0057] 微电网如图2所示,需要说明的是,图2中未示出变压器、DC/DC变流器、DC/AC双向逆变器等设备,且母线包含有交流母线和直流母线。微电网可以采用并/离网以及交直流混合的方式,微电网的发电侧主要包含:可再生能源供能系统(包含有光伏板、风电机)、第二燃料电池系统、第一燃料电池系统;微电网的储能模块包含:超级电容器、锂电池;微电网的负荷侧包含:楼宇用电负荷、SOEC(固体氧化物电解池)。区域能量管理系统的功能是通过实时监测,自动完成能量优化调度与管理,从而提高工作效率、降低能耗、降低用户的能耗成本。

[0058] 其中,制氢和储氢系统用于电解高温水蒸汽产生氧气和氢气,并对生成的氢气进行存储。

[0059] 第一燃料电池系统用于利用氧气或者空气,以及制氢和储氢系统提供的氢气进行发电,并将发电产生的电能输送至微电网;热水箱用于收集第一燃料电池在发电过程中产生的热水。第一燃料电池系统可以利用氢气和氧气进行发电,或者利用氢气和空气进行发电。第二燃料电池系统用于利用天然气或者制氢和储氢系统提供的氢气,以及空气进行发电,还将发电产生的电能输送至微电网,并将发电所剩余的氢气或天然气,以及空气进行燃烧,产生烟气。第二燃料电池系统可以利用天然气和空气进行发电,或者利用氢气和空气进行发电。吸收式制冷器用于利用第二燃料电池系统产生的烟气以及高温水蒸汽进行制冷,并将冷量供应用户。

[0060] 水热管理系统用于导出第一燃料电池系统、制氢和储氢系统以及吸收式制冷器运行时产生的热量,并以热水形式供应用户;

[0061] 可再生能源供能系统用于利用太阳能进行发电和对水进行加热生成高温水蒸气,并将高温水蒸气送至制氢和储氢系统以及吸收式制冷器。

[0062] 如图3所示,吸收式制冷器包含有吸收器、发生器、冷凝器以及蒸发器。

[0063] 发生器用于吸收第二燃料电池系统所产生的高温烟气的热量或光热集热管产生的高温水蒸汽的热量,使发生器内部的制冷剂溶液蒸发生成制冷剂蒸汽,且将制冷剂蒸汽送至所述冷凝器。发生器所需的高温水蒸气来自于光热集热管。

- [0064] 冷凝器用于将制冷剂蒸汽冷却成制冷剂水,并将制冷剂水送至蒸发器。
- [0065] 蒸发器用于将制冷剂水蒸发,以进行制冷,并将制冷产生的冷量向用户供应。
- [0066] 吸收器用于将发生器中产生的制冷剂蒸汽吸收,形成混合溶液,并排出热量。
- [0067] 冷热电联供系统还包含有制冷盘管;制冷盘管用于将蒸发器的冷量输送至用户。
- [0068] 进一步地,如图4所示,第一燃料电池系统包含有:质子交换膜燃料电池电堆、热水箱。需要说明的是,图4并未显示出氢循环泵、阀门和仪表。
- [0069] 质子交换膜燃料电池电堆用于利用氢气以及空气或氧气进行发电并将发电产生的电能送至微电网,且在发电时产生热水。质子交换膜燃料电池可以利用氧气和氢气进行发电,也可以利用空气和氢气进行发电。
- [0070] 热水箱用于收集质子交换膜燃料电池电堆发电所产生的热水,并供应用户。
- [0071] 进一步的,质子交换膜燃料电池电堆运行产生的热量由水热管理系统带出,并供应用户。
- [0072] 在微电网孤岛运行时,由锂电池对第一燃料电池系统的辅助系统(即第一燃料电池系统中除去质子交换膜燃料电池之外的模块)供电,第一燃料电池系统立即启动发电,第二燃料电池系统进入启动准备,并在满足第二燃料电池系统的启动条件后与第一燃料电池系统联合发电。
- [0073] 质子交换膜燃料电池的电堆氢燃料由储氢装置内高压氢气经减压后提供,氧燃料则直接由空气压缩补充。第一燃料电池系统发出的电经微电网给楼宇用户供电,其反应后的低品位余热则经水热管理系统导出,向用户提供生活用热水。
- [0074] 进一步地,如图5所示,第二燃料电池系统包含有:混合器、第一预热器、重整器、鼓风机、第二预热器、固体氧化物燃料电池电堆、催化燃烧器。
- [0075] 混合器用于将天然气与高温水蒸气进行混合得到混合气体,并将混合气体送至第一预热器。混合器所需的高温水蒸气来自光热集热管。
- [0076] 第一预热器用于将混合器送来的混合气体预热后,送入重整器。
- [0077] 重整器用于接收混合气体,并利用催化燃烧器产生的高温烟气进行重整反应。
- [0078] 鼓风机的输入端用于接收空气,鼓风机的输出端与第二预热器的输入端连接,第二预热器的输出端与固体氧化物燃料电池电堆连接。
- [0079] 第二预热器用于将所述鼓风机送来的空气预热后送至所述固体氧化物燃料电池电堆。
- [0080] 固体氧化物燃料电池电堆,用于利用重整器送来的混合气体以及第二预热器送来的空气进行电化学反应发电,并将反应过剩的混合气体及空气送至催化燃烧器。
- [0081] 催化燃烧器用于接收固体氧化物燃料电池电堆送来的混合气体和空气,进行燃烧反应,产生高温烟气,并将高温烟气送至重整器。
- [0082] 固体氧化物燃料电池的电堆阳极燃料为储氢装置内经减压后的高压氢气或天然气经混合与重整后的气体,阴极为压缩空气。固体氧化物燃料电池的额定运行温度为650~900℃,该温度范围也即是第二燃料电池系统的启动条件,因此需要对第二燃料电池系统的天然气或者氢气,以及空气等燃料进行预热。
- [0083] 第二燃料电池系统启动准备期间,一方面由光热集热管提供预热的高温水蒸汽,另一方面则由通入固体氧化物燃料电池中剩余的天然气或氢气,以及空气在后置式燃烧器



内的混燃提供能量。光热供能可以有效减少天然气的用量。第二燃料电池系统发出的电经微电网给楼宇用户供电。固体氧化物燃料电池发电反应后的烟气余热经一体化吸收式制冷器作用产生冷量,并由制冷盘管带出向用户供应冷量;吸收器和冷凝器的热量由水热管理系统的第二热交换器带出,送至第一热交换器,进一步带出第一燃料电池系统及制氢和储氢系统设备运行热量后,提供给用户。

[0084] 进一步地,如图6所示,水热管理系统包含有:第一热交换器、第二热交换器、暖气片。

[0085] 第一热交换器用于对第一燃料电池系统及制氢和储氢系统进行换热冷却,并将第一热交换器吸收的热量以热水形式供应给暖气片。

[0086] 暖气片用于接收来自第一热交换器的热水,并将热水送至用户以提供热量。

[0087] 第二热交换器用于对冷凝器和吸收器进行换热冷却,并将第二热交换器吸收的热量以热水形式输送给第一热交换器。

[0088] 进一步地,如图7所示,制氢和储氢系统包含有:高温电解装置、储氢装置、压缩机。

[0089] 高温电解装置用于电解高温水蒸气以生成氢气和氧气,并在高温电解装置制备的氢气和氧气经过冷却和干燥处理后,通过第二压缩机将生成的氢气送至储氢装置存储。高温电解装置可以采用SOEC(固体氧化物电解池)。

[0090] 进一步地,如图7所示,可再生能源供能系统包括有:聚光分频器、光热集热管、光伏板(图中未示出)、风电机(图中未示出)。

[0091] 聚光分频器用于按照短波、长波分离,分别将太阳能光谱送至光热集热管和光伏板。

[0092] 光伏板用于短波太阳能光谱进行发电。风电机利用风能进行发电。

[0093] 光热集热管用于利用长波太阳能光谱将水加热成高温水蒸气,并将高温水蒸气输送至高温电解装置,为高温电解池提供电解水反应所需介质温度,且光热集热管还用于给第二燃料电池系统的混合器提供预热所需的热量。

[0094] 在风电、光伏、光热资源充足时由光伏板、风电机向高温电解池供电制氢,或在具备峰谷电差价地区的微电网并网运行时由电网向高温电解池供电制氢。

[0095] 储氢装置用于给第一燃料电池系统和第二燃料电池系统提供氢气。

[0096] 高温电解装置内部的热量由与第一燃料电池系统共用的第一热交换器带出,供应用户。

[0097] 本发明提供的分布式冷热电联供系统的整体详细示意图如图8所示。

[0098] 本发明提供的冷热电联供系统的运行逻辑如下:

[0099] 由于系统涉及冷热电联供,设计复杂、设备类型多,因此需要梳理系统运行的逻辑关系。然而系统运行逻辑与系统所在地的风电、光伏、光热数据相关,不同季节用户昼夜电负荷需求、冷负荷需求、热负荷需求、经济性等因素有关,因此需要根据不同地理位置、昼夜峰谷电价差、用户需求进行分析与预测,制定负荷计划,最终确定整套系统运行逻辑,为区域能量管理系统提供能量管理与优化运行、能量调度的依据。本实施例仅提供一种典型的系统运行逻辑。

[0100] 夏季用户负荷包含:早晚生活热水以及全天制冷空调,假设采用的空调为两种能源方式可调(电空调、吸收式制冷空调)。

[0101] 白天分为两种情况：

[0102] 1) 当风电、光伏发电功率大于用户用电需求时，多余的电能送给高温电解装置进行电解水制氢以及向锂电池充电；

[0103] 2) 当风电、光伏发电功率小于用户用电需求时，考虑到用户对热和冷的需求以及当地白天电价较高、氢气价格等因素，其供电侧优先级由高到低分别为：第二燃料电池系统、第一燃料电池系统、锂电池、电网，将微电网切换至离网运行模式，将空调调至吸收式制冷模式。

[0104] 在夏季夜晚，主要负荷为空调和生活用水，假设风电、光伏发电功率小于用户用电需求，考虑到当地夜晚电价较低、氢气价格等因素，其供电侧优先级由高到低依次为：电网、锂电池、第二燃料电池系统、第一燃料电池系统，将微电网切换到并网运行模式，将空调调至电空调模式。

[0105] 冬季用户负荷包含：早晚生活热水以及全天暖气供暖。

[0106] 白天分为两种情况：

[0107] 1) 当风电、光伏发电功率大于用户用电需求时，多余的电能送给SOEC进行电解水制氢以及向锂电池充电；

[0108] 2) 当风电、光伏发电功率小于用户用电需求时，考虑到用户对热的大量需求以及当地白天电价较高、氢气价格等因素，其供电侧优先级由高到低分别为：第二燃料电池系统、第一燃料电池系统、锂电池、电网，将微电网切换至离网运行模式，将空调调至吸收式制冷模式。

[0109] 在冬季夜晚，主要负荷为供热和生活用水，假设风电、光伏发电功率小于用户用电需求，考虑到当地夜晚电价较低、氢气价格等因素，其供电侧优先级由高到低依次为：电网、锂电池、第二燃料电池系统、第一燃料电池系统，将微电网切换到并网运行模式。

[0110] 本发明提出的基于第二燃料电池系统与第一燃料电池系统为核心的系统方案，在确保整体系统能源利用效率高的前提下，CO<sub>2</sub>排放量能降低约20%~30%，并可实现静默式供能。

[0111] 本发明涉及能源技术领域，提供了一种基于分布式发电、固体氧化物电解池(Solid Oxide Electrolysis Cell, SOEC)、固体氧化物燃料电池(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)、质子交换膜燃料电池(Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEMFC)、吸收式制冷器为主的冷热电联供综合能源系统，以园区或楼宇优化用能、节约用能、提高能源利用效率为目的，通过区域能量管理系统运行优化控制，为用户提供包括电、热、冷、氢气、氧气多种能源。本系统以风电、光伏、光热作为一次能源，以氢能作为二次能源，主要由分布式能源装置、电解水制氢、制氧装置、动力驱动装置、余热回收利用装置组成，其中分布式能源包括光伏发电、风力发电、光热；电解水制氢、制氧装置包括SOEC(即高温电解装置)、储氢装置、氧气储罐；动力驱动装置包含SOFC、PEMFC、换热器等；余热回收利用装置包括装置制冷器(例如溴化锂吸收式制冷器)、换热器等。

[0112] 1) 分布式“冷-热-电-氢”联供系统集成

[0113] 整个分布式供能系统包括电源、热源、制氢、储能等多个分系统，各个系统之间需要经过合理的接口设计、差异品位能量质能匹配与综合梯级利用，最终实现系统效率的提升。

[0114] 2) 多能互补制氢及多种储能耦合匹配

[0115] 通过光伏、风电与光热耦合的高温制氢系统,实现可再生能源的高效制氢功能。SOEC制氢既实现制备清洁能源,供给氢气用户(燃料电池汽车、化工厂、电厂、科研机构等)使用外,又能以另一种形式即储能,将多余的电能通过制氢实现能量的存储、高效利用,从而大幅度提高系统的经济性。

[0116] 本发明提供的系统设置了SOFC与PEMFC,当氢气通过储氢装置供应固定式燃料电池电堆发电并向用户供电时,即实现了“电→氢→电”的能量转化。同时,考虑到燃料电池的稳定运行和功率平稳特点,本系统还需设置锂电池与超级电容器,一方面是作为燃料电池电堆启动的电源,另一方面是作为系统调频、平滑分布式能源的波动作用。多种储能需要经过能量的优化管理,最终实现系统合理运行。

[0117] 3) SOEC系统与光伏、风电、光热的能量匹配

[0118] ①在风电、光伏、光热资源在满足园区用户电能需求后仍有富足前提下,为了防止发生放弃风电、光伏、光热现象发生以及提高对清洁能源利用率,需将风电、光伏、光热制得的多余电能通过SOEC将电能转化成氢能,并通过储氢罐储存起来;

[0119] ②SOEC在电解水制氢时,需要一定的介质温度,此温度来源于太阳能光热系统(即光热装置),因此需要对SOEC与光热系统进行合理设计,提高SOEC的可靠性和光热利用率。

[0120] 4) 第二燃料电池系统能量匹配

[0121] 本发明提供的分布式电堆冷热电联供系统,第二燃料电池系统可能会在某一时间内单独作为电源,也可能在某一时间内既作为电源,又作为冷源和热源。因此在系统设计中,需要对第二燃料电池系统及其辅助系统进行合理设计及运行优化,实现第二燃料电池系统的高效运行满足园区内用户对不同能量的需求。

[0122] 5) 第一燃料电池系统能量匹配

[0123] 本发明提供的分布式电堆冷热电联供系统,第一燃料电池系统可能会在某一时间内单独作为电源,也可能在某一时间内既作为电源,又作为热源,因此在系统设计中,需要对第一燃料电池系统及其辅助系统进行合理设计,对运行方式进行优化,实现第一燃料电池系统的高效运行满足园区内用户对不同能源的实时需求。

[0124] 6) 吸收式制冷器与第二燃料电池系统、光热系统的能量匹配

[0125] 本发明中,吸收式制冷器吸收的热量来自于第二燃料电池系统的低品位余热或光热系统蒸汽,在系统设计中,需充分考虑园区用户对冷、热、电需求时段的差异,第二燃料电池系统与吸收式制冷器协调运行控制将是未来工作的重点与难点。

[0126] 1) 整体能效提升

[0127] 使用PEMFC和SOFC燃料电池技术取代蒸汽动力循环发电,摆脱卡诺循环限制,使整个分布式供能系统效率得到有效提升,整套系统效率能达到80%以上。

[0128] 2) 多能互补

[0129] 采用光热、光伏、风电、天然气等化石燃料和可再生能源互补供能,有效互补,在保证负荷需求的前提下,提高了系统对可再生能源的利用率,降低了化石燃料消耗。

[0130] 3) 定制化和小型化

[0131] 相比于固定容量的汽轮发电机组,燃料电池的容量控制相对灵活,不需要寻找用户负荷去匹配供能系统,而是根据用户的需求进行匹配化设计;另一方面,整套分布式系统

也包含多种能源供应分系统,可以按照用户的实时需求进行分别控制。

[0132] 4) 供能产品多样化

[0133] 本发明除了可以通过能量梯级利用更好地实现“热-电-冷”联供外,还可以通过光伏和风电高温电解制氢,制备质量能量密度极高、最终清洁的未来能源——氢气,这部分氢气既可以以“储能”的方式储存并供应燃料电池电堆发电,又可以直接供应燃料电池汽车作为动力燃料。

[0134] 5) 耦合多种储能技术

[0135] 本发明拟合了氢储能、锂电池储能和超级电容多种储能模式。

[0136] ①过剩的可再生能源发电通过耦合光热的SOEC制备氢气并储存,同时将电能储存于锂电池及超级电容器;

[0137] ②在微电网孤岛运行时,首先由锂电池向PEMFC和SOFC的辅助系统供电,然后由PEMFC向部分负荷供电。同时,由光热和天然气联动供应对SOFC进行启动预热,直至其正常启动带载剩余用户负荷,由天然气管道及储存的氢气提供燃料,保证系统稳定发电;

[0138] ③在微电网孤岛运行时,由锂电池与超级电容器混合储能装置对微电网系统进行调频,确保微电网内用户的电能质量。

[0139] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

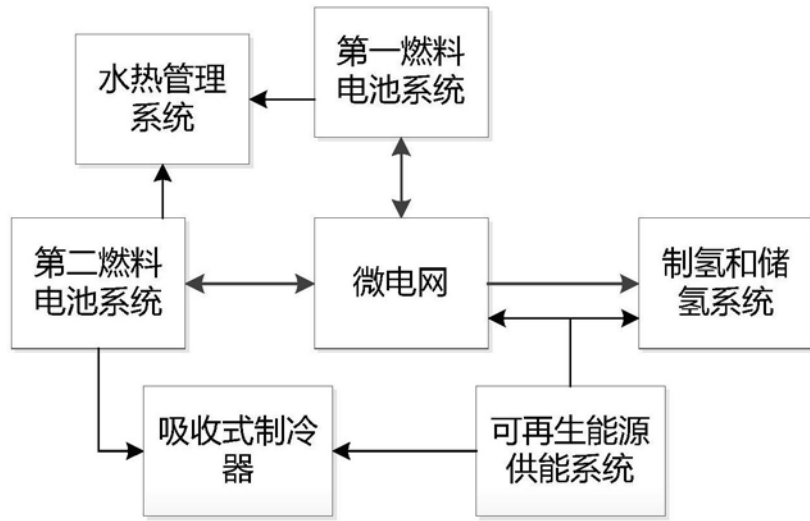


图1

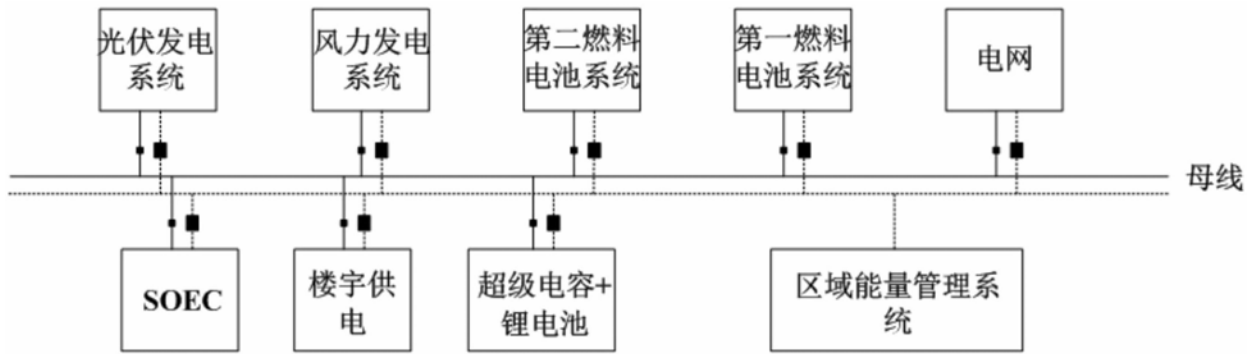


图2

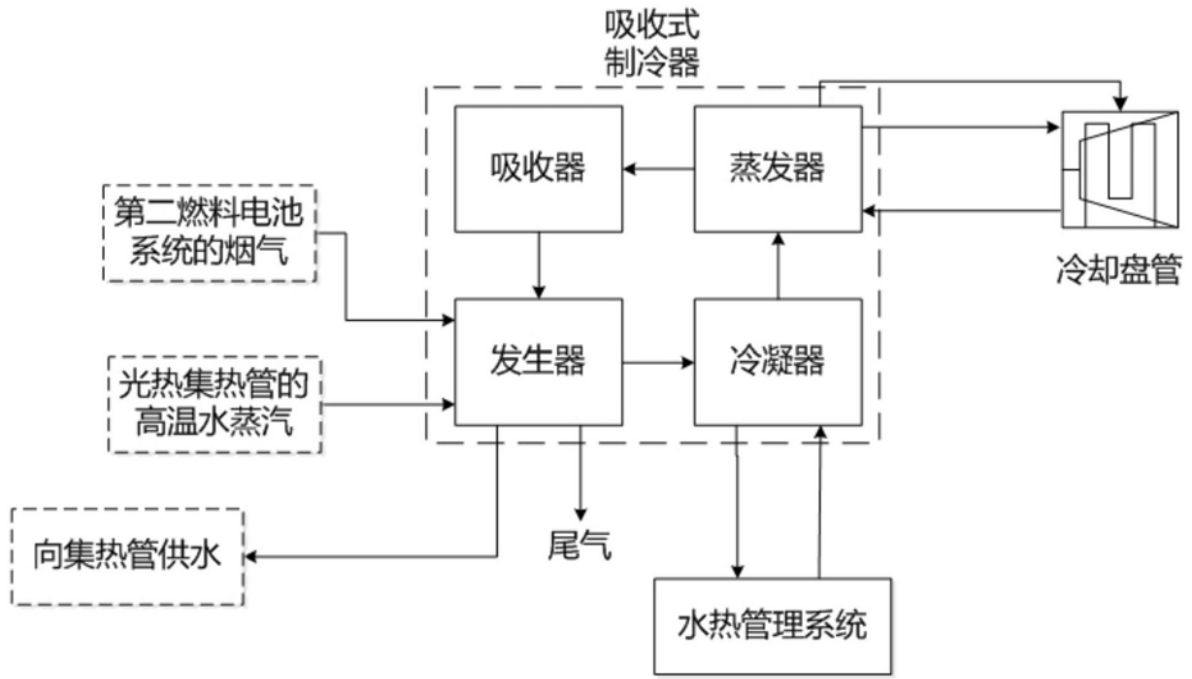


图3

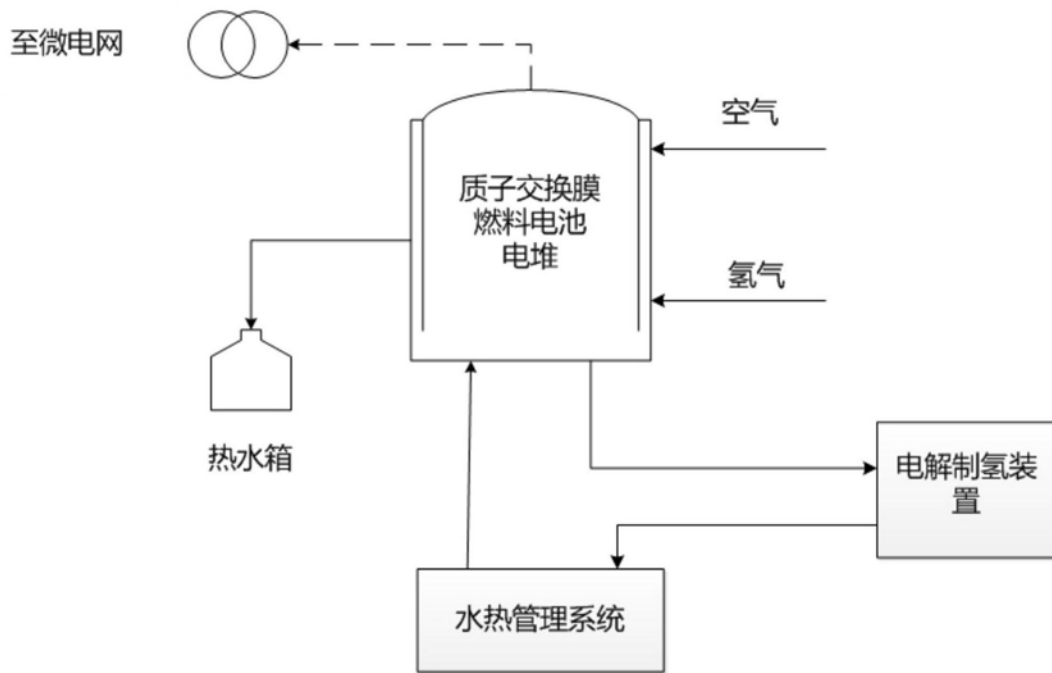


图4

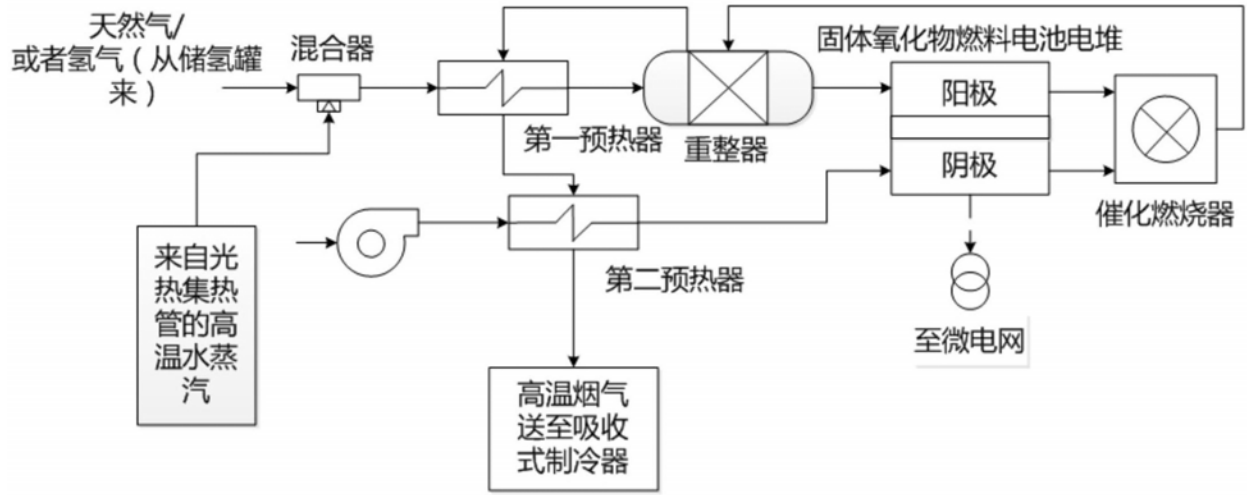


图5

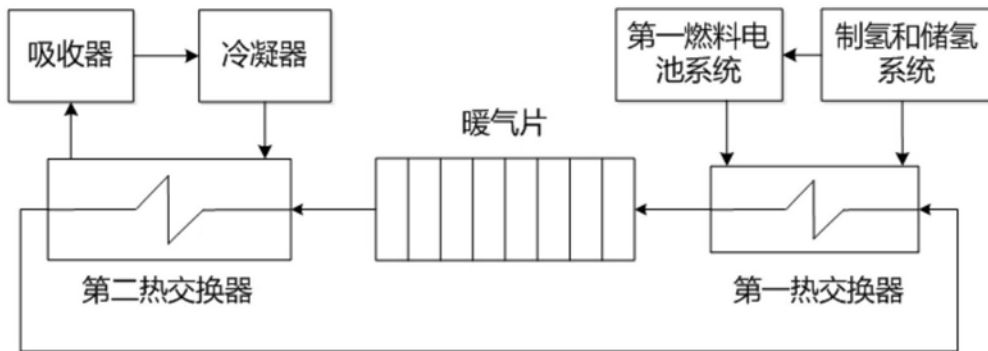


图6

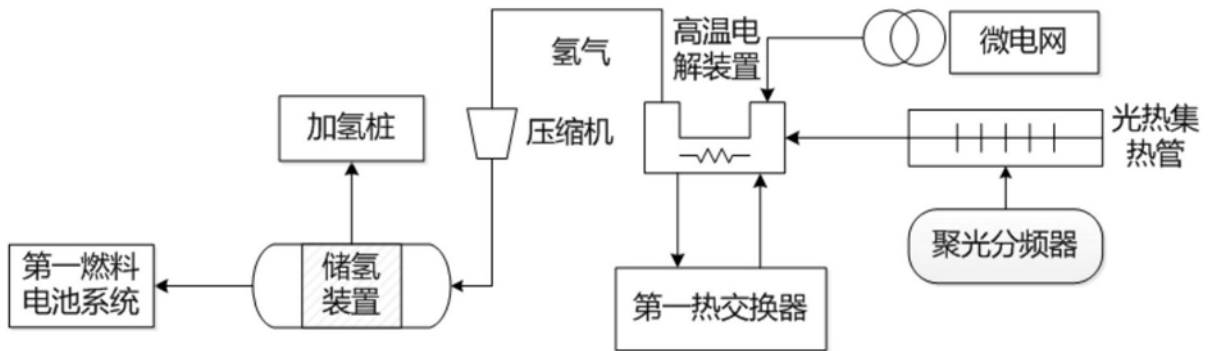


图7

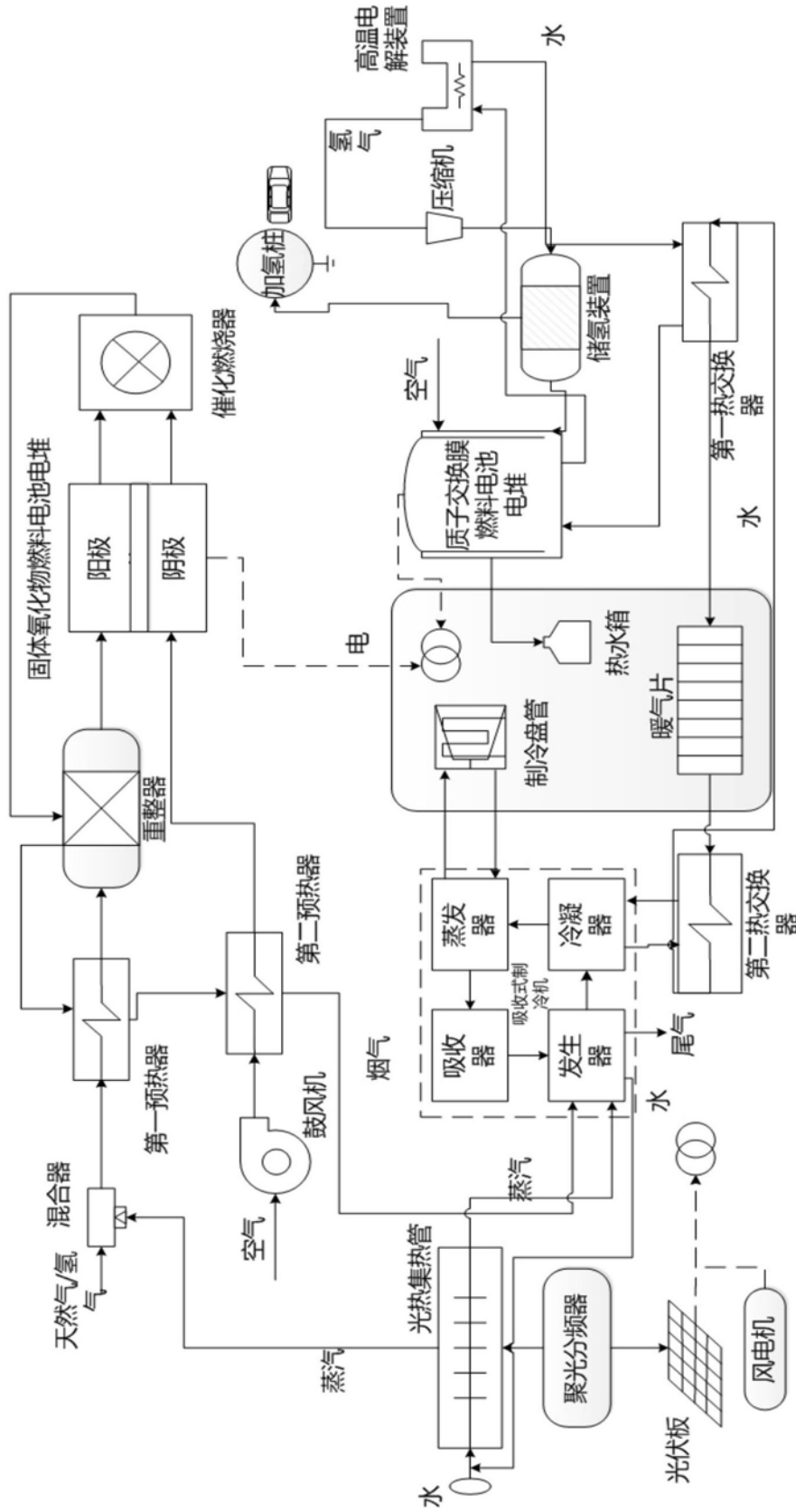


图8