



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118564344 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 30

(21) 申请号 202410649777.4

(22) 申请日 2024.05.23

(71) 申请人 中国科学院工程热物理研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路11号

申请人 东莞新能源研究院

(72) 发明人 韩东江 邱志杰 李艺敏

(74) 专利代理机构 北京知艺互联知识产权代理有限公司 16137

专利代理师 孟晨光

(51) Int. Cl.

F02C 6/18 (2006.01)

F25B 27/02 (2006.01)

F02C 6/16 (2006.01)

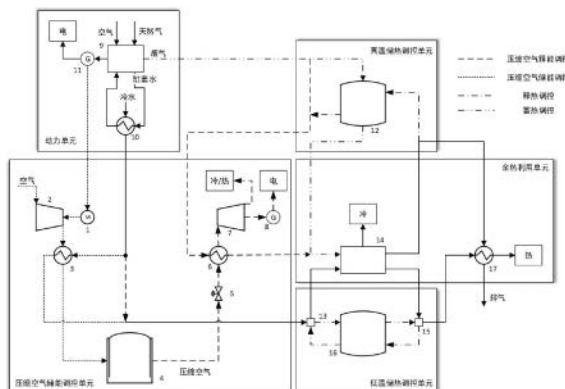
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法

(57) 摘要

本发明公开了基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法,属于能源机械技术领域,包括内燃机单元,内燃机单元用于对压缩空气储能调控单元和负荷端提供电力,以及对余热利用单元提供余热;压缩空气储能调控单元,用于在用电低谷时将多余电能以高压空气的形式储存,并在用电高峰时补充发电;高温储热调控单元,用于存储调控内燃机排烟的高品质热量;低温储热调控单元,用于存储调控内燃机缸套水的余热与在压缩空气储能中产生的压缩热;余热利用单元,用于与用户侧负荷端连接以提供冷负荷或热负荷。本发明采用上述的基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法,实现内燃机全工况的安全高效运行,充分利用系统中不同品位的能量。



1. 基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统,其特征在于:包括内燃机单元,内燃机单元为主动动力设备,用于对压缩空气储能调控单元和负荷端提供电力,以及对余热利用单元提供余热;

压缩空气储能调控单元,用于在用电低谷时将多余电能以高压空气的形式储存,并在用电高峰时补充发电;

高温储热调控单元,用于存储调控内燃机排烟的高品质热量;

低温储热调控单元,用于存储调控内燃机缸套水的余热与在压缩空气储能中产生的压缩热;

余热利用单元,用于与用户侧负荷端连接以提供冷负荷或热负荷。

2. 根据权利要求1所述的基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统,其特征在于:所述内燃机单元包括内燃机,所述内燃机与发电机和缸套水换热器连接。

3. 根据权利要求2所述的基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统,其特征在于:所述压缩空气储能调控单元包括电机,所述电机分别与所述发电机和压气机连接,所述压气机与压缩空气换热器连接,所述压缩空气换热器分别与所述缸套水换热器和高压储气罐连接,所述高压储气罐与高温烟气换热器连接,所述高压储气罐与所述高温烟气换热器之间设有调节阀,所述高温烟气换热器与空气透平连接,所述空气透平与副发电机连接。

4. 根据权利要求3所述的基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统,其特征在于:所述余热单元包括吸收式制冷机组和低温烟气换热器,所述吸收式制冷机组与高温烟气换热器以及低温烟气换热器连接。

5. 根据权利要求4所述的基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统,其特征在于:所述高温储热调控单元包括高温蓄热罐,所述高温蓄热罐分别与所述内燃机、所述高温烟气换热器以及所述吸收式制冷机组连接。

6. 根据权利要求4所述的基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统,其特征在于:所述低温储热调控单元包括低温蓄热罐,所述低温蓄热罐分别与前分配器和后分配器连接,所述前分配器分别与所述缸套水换热器、所述压缩空气换热器以及所述吸收式制冷机组连接,所述后分配器分别与所述吸收式制冷机组和所述低温烟气换热器连接。

7. 一种如权利要求1-6任一项所述的基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统的调控方法,其特征在于:空气和天然气进入内燃机燃烧会使得内燃机带动发电机发电,且内燃机产生排烟余热和缸套水余热,其中内燃机带动发电机发电的调控方法包括以下步骤:

S1.1、获取用户侧的电负荷需求,判断内燃机的发电量是否满足用户侧的电负荷;

S1.2、若内燃机的发电量等于电负荷需求,则内燃机所有的发电量直接并入用户侧的输电网;

S1.3、若内燃机的发电量大于电负荷需求,则启动压缩空气储能调控,将大于电负荷的发电量转化为空气的压力势能进行存储,直至并入用户侧电量与电负荷相匹配;

S1.4、若内燃机的发电量小于电负荷需求,则启动压缩空气释能调控,将高压空气的压力势能转化为电能,直至并入用户侧的电量与电负荷相匹配;

S1.5、启动压缩空气释能调控时判断高压空气是否达到所需温度;

S1.6、若高压空气达到所需温度,则进行高温蓄热调控;

S1.7、若高压空气未达到所需温度,则进行高温释热调控。

8.根据权利要求7所述的基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统的调控方法,其特征在于:内燃机产生排烟余热和缸套水余热的综合热负荷调控方法包括以下步骤:

S2.1、获取用户侧的综合热负荷需求,判断余热利用单元输出冷热负荷是否满足用户侧的综合热负荷调控方法;

S2.2、若余热利用单元输出的冷热负荷等于综合热负荷需求,则余热利用单元输出的所有冷热负荷直接并入用户侧;

S2.3、若余热利用单元输出的冷热负荷大于综合热负荷需求,则启动低温蓄热调控,直至余热利用单元输出的冷热负荷与用户侧的综合热负荷需求匹配;

S2.4、若余热利用单元输出的冷热负荷小于综合热负荷需求,则启动低温释热调控,直至余热利用单元输出的冷热负荷与用户侧的综合热负荷需求匹配。

基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法

技术领域

[0001] 本发明涉及能源机械技术领域,尤其是涉及基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法。

背景技术

[0002] 分布式冷热电联产系统是一种临近用户,按需供应能量,具有发电、制冷以及供热等多种功能的中、小型能源转换利用系统,是我国能源领域的前沿技术。在典型的分布式冷热电联产系统中,燃料燃烧的高温热能通过动力设备进行发电;动力机组的排烟余热(中低温)驱动吸收式制冷或热泵系统获得冷或热负荷,难以转换的低温余热用于供热或产生生活热水,从而实现能的梯级利用。由于燃气内燃机发电效率高(20%~40%)、启动时间短、易于维护以及负载波动适应性强等诸多优点,基于内燃机的分布式冷热电联供系统是最常见的形式。但是,上述系统构型还存在着以下缺陷:

[0003] 一方面,对于内燃机来说,高品位余热主要蕴含在高温烟气中,排烟温度集中在450-550℃之间;而双效吸收式制冷机组所需的热源温度范围为160-180℃,两者之间存在余热利用的温度断层,做功能力损失大,导致系统能的梯级利用水平不高。

[0004] 另一方面,受用户自身特征(人员作息、设备使用率等)和气候条件两方面影响,用户侧冷、热、电负荷随时波动。为满足变化的电负荷需求,系统的动力设备内燃机需要变工况运行,发电效率下降;为满足变化的冷热负荷需求,受控于动力设备的余热利用设备还需要解决供能侧与用能侧之间的动态匹配难题。因此,整个分布式冷热电联产系统的变工况性能大幅下降,带来节能率偏低,经济性较差等问题。

[0005] 现有技术中,在专利CN116878182A分布式冷热电联供系统及调控方法中提供了一种分布式冷热电联供系统及调控方法,其缺点为:电加热过程能源品位下降,焓损失大;热发电装置的效率低,比如有机朗肯循环的发电效率只有20%左右,导致整个能量储释过程的效率低;冷热负荷的供需平衡通过电制冷和热泵调控,能量品位降低,焓损失大;热化学储能技术成熟度低,成本高,实际应用受限。

[0006] 在专利CN108625988A一种含压缩空气储能的CCHP微网结构及其运行方法中提供了一种含压缩空气储能的CCHP微网结构及其运行方法,其缺点为:该专利通过优化燃气发电机组逐时出力,提高了系统消纳可再生能源的能力,但为了保障系统的供能可靠性,储能的作用是被动的跟随“源-荷”的差值,燃气发电设备作为主动力设备仍需要变工况运行;该专利将高温烟气加热高压空气后直接排空,或者高温烟气直接用于吸收式制冷或供暖,能的梯级利用水平不高。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法,通过压缩空气储能调控单元与内燃机单元组成混合动力系统,实现内燃机在全工况的安全高效运行,并且通过蓄热调控充分利用了系统中不同品位的能量,能够根据用户需求提供

冷、热和电负荷,冷热电联产系统相对于分供系统节约的能源与分供系统所消耗的能源之比高达40%左右。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供了基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统,包括内燃机单元,内燃机单元为主动力设备,用于对压缩空气储能调控单元和负荷端提供电力,以及对余热利用单元提供余热;

[0009] 压缩空气储能调控单元,用于在用电低谷时将多余电能以高压空气的形式储存,并在用电高峰时补充发电;

[0010] 高温储热调控单元,用于存储调控内燃机排烟的高品质热量;

[0011] 低温储热调控单元,用于存储调控内燃机缸套水的余热与在压缩空气储能中产生的压缩热;

[0012] 余热利用单元,用于与用户侧负荷端连接以提供冷负荷或热负荷。

[0013] 优选的,所述内燃机单元包括内燃机,所述内燃机与发电机和缸套水换热器连接。

[0014] 优选的,所述压缩空气储能调控单元包括电机,所述电机分别与所述发电机和压气机连接,所述压气机与压缩空气换热器连接,所述压缩空气换热器分别与所述缸套水换热器和高压储气罐连接,所述高压储气罐与高温烟气换热器连接,所述高压储气罐与所述高温烟气换热器之间设有调节阀,所述高温烟气换热器与空气透平连接,所述空气透平与副发电机连接。

[0015] 优选的,所述余热单元包括吸收式制冷机组和低温烟气换热器,所述吸收式制冷机组与高温烟气换热器以及低温烟气换热器连接。

[0016] 优选的,所述高温储热调控单元包括高温蓄热罐,所述高温蓄热罐分别与所述内燃机、所述高温烟气换热器以及所述吸收式制冷机组连接。

[0017] 优选的,所述低温储热调控单元包括低温蓄热罐,所述低温蓄热罐分别与前分配器和后分配器连接,所述前分配器分别与所述缸套水换热器、所述压缩空气换热器以及所述吸收式制冷机组连接,所述后分配器分别与所述吸收式制冷机组和所述低温烟气换热器连接。

[0018] 基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统的调控方法,空气和天然气进入内燃机燃烧会使得内燃机带动发电机发电,且内燃机产生排烟余热和缸套水余热,其中内燃机带动发电机发电的调控方法包括以下步骤:

[0019] S1.1、获取用户侧的电负荷需求,判断内燃机的发电量是否满足用户侧的电负荷;

[0020] S1.2、若内燃机的发电量等于电负荷需求,则内燃机所有的发电量直接并入用户侧的输电网;

[0021] S1.3、若内燃机的发电量大于电负荷需求,则启动压缩空气储能调控,将大于电负荷的发电量转化为空气的压力势能进行存储,直至并入用户侧电量与电负荷相匹配;

[0022] S1.4、若内燃机的发电量小于电负荷需求,则启动压缩空气释能调控,将高压空气的压力势能转化为电能,直至并入用户侧的电量与电负荷相匹配;

[0023] S1.5、启动压缩空气释能调控时判断高压空气是否达到所需温度;

[0024] S1.6、若高压空气达到所需温度,则进行高温蓄热调控;

[0025] S1.7、若高压空气未达到所需温度,则进行高温释热调控。

[0026] 优选的,内燃机产生排烟余热和缸套水余热的综合热负荷调控方法包括以下步

骤:

[0027] S2.1、获取用户侧的综合热负荷需求,判断余热利用单元输出冷热负荷是否满足用户侧的综合热负荷调控方法;

[0028] S2.2、若余热利用单元输出的冷热负荷等于综合热负荷需求,则余热利用单元输出的所有冷热负荷直接并入用户侧;

[0029] S2.3、若余热利用单元输出的冷热负荷大于综合热负荷需求,则启动低温蓄热调控,直至余热利用单元输出的冷热负荷与用户侧的综合热负荷需求匹配;

[0030] S2.4、若余热利用单元输出的冷热负荷小于综合热负荷需求,则启动低温释热调控,直至余热利用单元输出的冷热负荷与用户侧的综合热负荷需求匹配。

[0031] 因此,本发明采用上述基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法,通过压缩空气储能调控单元与内燃机单元组成混合动力系统,实现内燃机在全工况的安全高效运行,并且通过蓄热调控充分利用了系统中不同品位的能量,能够根据用户需求提供冷、热和电负荷,冷热电联产系统相对于分供系统节约的能源与分供系统所消耗的能源之比高达40%左右。

[0032] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0033] 图1是本发明基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法实施例的分布式冷热电联产系统示意图;

[0034] 图2是本发明基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法实施例的储气—高温储热—低温储热示意图;

[0035] 图3是本发明基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法实施例的储气—高温储热—低温释热示意图;

[0036] 图4是本发明基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法实施例的释气—高温储热—低温储热示意图;

[0037] 图5是本发明基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法实施例的释气—高温储热—低温释热示意图;

[0038] 图6是本发明基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法实施例的释气—高温释热—低温释热示意图;

[0039] 图7是本发明基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法实施例的释气—高温释热—低温储热示意图;

[0040] 图8是本发明基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法实施例的分布式冷热电联产系统调控方法流程图。

[0041] 附图标记

[0042] 1、电机;2、压气机;3、压缩空气换热器;4、高压储气罐;5、调节阀;6、高温烟气换热器;7、空气透平;8、副发电机;9、内燃机;10、缸套水换热器;11、发电机;12、高温蓄热罐;13、前分配器;14、吸收式制冷机组;15、后分配器;16、低温蓄热罐;17、低温烟气换热器。

具体实施方式

[0043] 以下通过附图和实施例对本发明的技术方案作进一步说明。

[0044] 除非另外定义,本发明使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。

[0045] 实施例一

[0046] 如图1所示,本发明提供了基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统,包括内燃机9单元,内燃机9单元为主动动力设备,用于对压缩空气储能调控单元和负荷端提供电力,以及对余热利用单元提供余热。内燃机9单元包括内燃机9,内燃机9与发电机11和缸套水换热器10连接,空气和燃料在内燃机9中燃烧,推动发电机11发电并排出高温烟气,缸套水换热器10将内燃机9产生的余热来加热冷水。

[0047] 压缩空气储能调控单元,用于在用电低谷时将多余电能以高压空气的形式储存,并在用电高峰时补充发电。压缩空气储能调控单元包括电机1,电机1分别与发电机11和压气机2连接,电机1与压气机2同轴,用于在用电低谷时消耗多余电功来带动压气机2,压气机2用于压缩空气。压气机2与压缩空气换热器3连接,压缩空气换热器3分别与缸套水换热器10和高压储气罐4连接。压缩空气换热器3利用压缩空气的热量对流自缸套水换热器10的热水进行加热,高压储气罐4用于储存压缩空气换热器3冷却后的高压空气。

[0048] 高压储气罐4与高温烟气换热器6连接,高压储气罐4与高温烟气换热器6之间设有调节阀5,调节阀5可控制高压储气罐4中的高压空气的流量。高温烟气换热器6与空气透平7连接,高温烟气换热器6用于接收调节阀5调整过的高压空气,利用内燃机单元排出的高温烟气对高压空气进行加热,并将加热后的高温高压空气输入到空气透平7中。空气透平7与副发电机8连接,空气透平7利用高温高压空气膨胀做功,副发电机8与空气透平7同轴,用于在用电高峰时补充不足的发电量。

[0049] 余热利用单元,用于与用户侧负荷端连接以提供冷负荷或热负荷。余热单元包括吸收式制冷机组14和低温烟气换热器17,吸收式制冷机组14与高温烟气换热器6以及低温烟气换热器17连接。吸收式制冷机组14用于吸收流自高温蓄热罐12或压缩空气储能调控单元中高温烟气换热器6的中温烟气以及流自低温蓄热罐16的热水的热量以实现制冷,低温烟气换热器17用于回收吸收式制冷机组14的余热以实现供热。

[0050] 高温储热调控单元,用于存储调控内燃机9排烟的高品质热量。高温储热调控单元包括高温蓄热罐12,高温蓄热罐12分别与内燃机9、高温烟气换热器6以及吸收式制冷机组14连接,高温蓄热罐12用于储存内燃机9单元排出烟气的高温段热量。

[0051] 低温储热调控单元,用于存储调控内燃机9缸套水的余热与在压缩空气储能中产生的压缩热。低温储热调控单元包括低温蓄热罐16,低温蓄热罐16用于储存内燃机9单元的缸套水热量和压缩空气储能调控单元压缩空气时产生的压缩热。低温蓄热罐16分别与前分配器13和后分配器15连接,前分配器13分别与缸套水换热器10、压缩空气换热器3以及吸收式制冷机组14连接,后分配器15分别与吸收式制冷机组14和低温烟气换热器17连接。前分配器13用于在蓄热时调控流向吸收式制冷机组14与低温蓄热罐16的热水比例,后分配器15用于在释热时调控流向低温烟气换热器17与低温蓄热罐16的冷水比例。

[0052] 压缩空气储能调控单元能够将多余的电能以高压空气的形式储存并在需要时释放电能,以保证内燃机9不受用户侧负荷端的电需求波动影响,在高效运行区的工况下持续

运行发电,从而有效提高分布式冷热电联供系统的变工况适应能力。

[0053] 内燃机9排烟与吸收式制冷机组14之间存在温度断层,而增加高温储热调控单元后,内燃机9排烟的高温段热量可以被储存并用于加热压缩空气,在提高系统能的梯级利用水平的同时还进一步增大了压缩空气储能的调控范围。低温储热调控单元位于余热利用单元的上游,储存热量的品质较高,能够驱动余热利用设备进行制冷或供热,满足用户侧冷、热负荷的动态变化,大幅提高系统运行的经济效应。

[0054] 基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统的调控方法,如图8所示,空气和天然气进入内燃机9燃烧会使得内燃机9带动发电机11发电,且内燃机9会产生排烟余热和缸套水余热,其中内燃机9带动发电机11发电的调控方法包括以下步骤:

[0055] S1.1、获取用户侧的电负荷需求,判断内燃机9的发电量是否满足用户侧的电负荷;

[0056] S1.2、若内燃机9的发电量等于电负荷需求,则内燃机9所有的发电量直接并入用户侧的输电网;

[0057] S1.3、若内燃机9的发电量大于电负荷需求,则启动压缩空气储能调控,将大于电负荷的发电量转化为空气的压力势能进行存储,直至并入用户侧电量与电负荷相匹配;

[0058] S1.4、若内燃机9的发电量小于电负荷需求,则启动压缩空气释能调控,将高压空气的压力势能转化为电能,直至并入用户侧的电量与电负荷相匹配;

[0059] S1.5、启动压缩空气释能调控时判断高压空气是否达到所需温度;

[0060] S1.6、若高压空气达到所需温度,则进行高温蓄热调控;

[0061] S1.7、若高压空气未达到所需温度,则进行高温释热调控。

[0062] 内燃机9产生排烟余热和缸套水余热的综合热负荷调控方法包括以下步骤:

[0063] S2.1、获取用户侧的综合热负荷需求,判断余热利用单元输出冷热负荷是否满足用户侧的综合热负荷调控方法;

[0064] S2.2、若余热利用单元输出的冷热负荷等于综合热负荷需求,则余热利用单元输出的所有冷热负荷直接并入用户侧;

[0065] S2.3、若余热利用单元输出的冷热负荷大于综合热负荷需求,则启动低温蓄热调控,直至余热利用单元输出的冷热负荷与用户侧的综合热负荷需求匹配;

[0066] S2.4、若余热利用单元输出的冷热负荷小于综合热负荷需求,则启动低温释热调控,直至余热利用单元输出的冷热负荷与用户侧的综合热负荷需求匹配。

[0067] 根据上述调控方法,分布式冷热电联产系统会出现以下几种情况,当发电量大于电负荷,分布式冷热电联产系统冷热输出大于综合热负荷需求时,分布式冷热电联产系统运行过程为储气-高温储热-低温储热,如图2所示。当发电量大于电负荷,分布式冷热电联产系统冷热输出小于综合热负荷需求时,分布式冷热电联产系统运行过程为储气-高温储热-低温释热,如图3所示。

[0068] 当发电量小于电负荷,高压空气能够达到所需温度,分布式冷热电联产系统冷热输出大于综合热负荷需求时,分布式冷热电联产系统运行过程为释气-高温储热-低温储热,如图4所示。当发电量小于电负荷,高压空气能够达到所需温度,分布式冷热电联产系统冷热输出小于综合热负荷需求时,分布式冷热电联产系统运行过程为释气-高温储热-低温释热,如图5所示。

[0069] 当发电量小于电负荷,高压空气无法达到所需温度,分布式冷热电联产系统冷热输出小于综合热负荷需求时,分布式冷热电联产系统运行过程为释气-高温释热-低温释热,如图6所示。当发电量小于电负荷,高压空气无法达到所需温度,分布式冷热电联产系统冷热输出大于综合热负荷需求时,分布式冷热电联产系统运行过程为释气-高温释热-低温储热,如图7所示。

[0070] 因此,本发明采用上述基于气-热联合调控的分布式冷热电联产系统及调控方法,通过压缩空气储能调控单元与内燃机单元组成混合动力系统,实现内燃机在全工况的安全高效运行,并且通过蓄热调控充分利用了系统中不同品位的能量,能够根据用户需求提供冷、热和电负荷,冷热电联产系统相对于分供系统节约的能源与分供系统所消耗的能源之比高达40%左右。

[0071] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其进行限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而这些修改或者等同替换亦不能使修改后的技术方案脱离本发明技术方案的精神和范围。

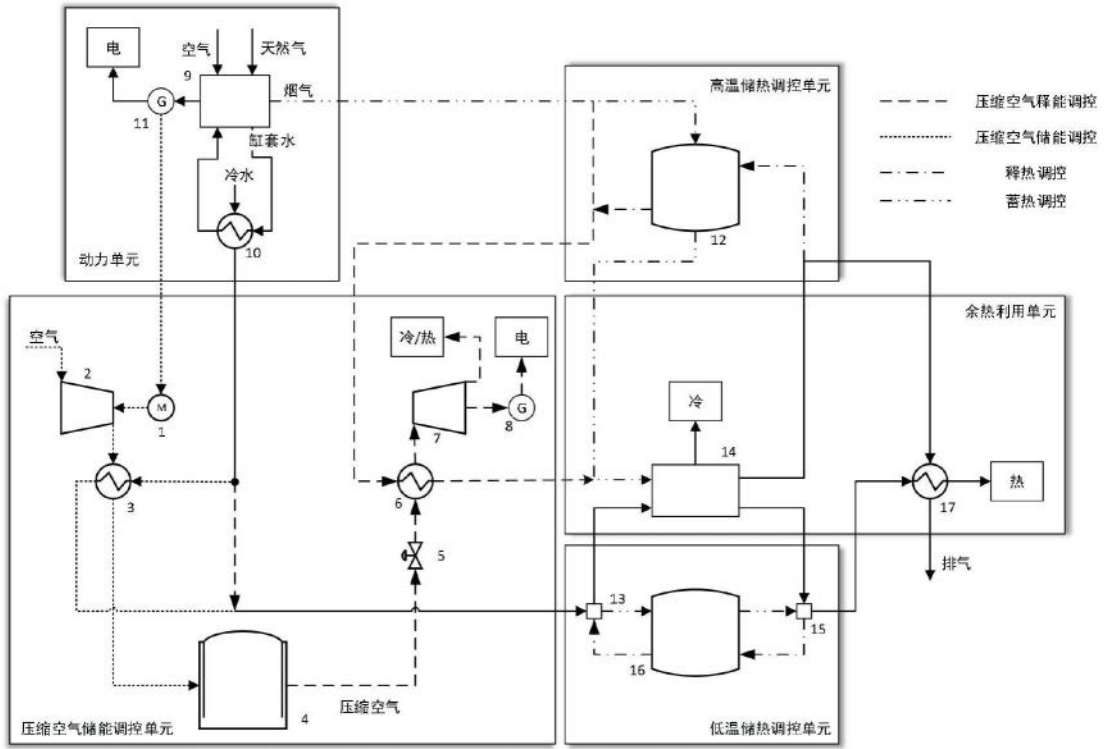


图1

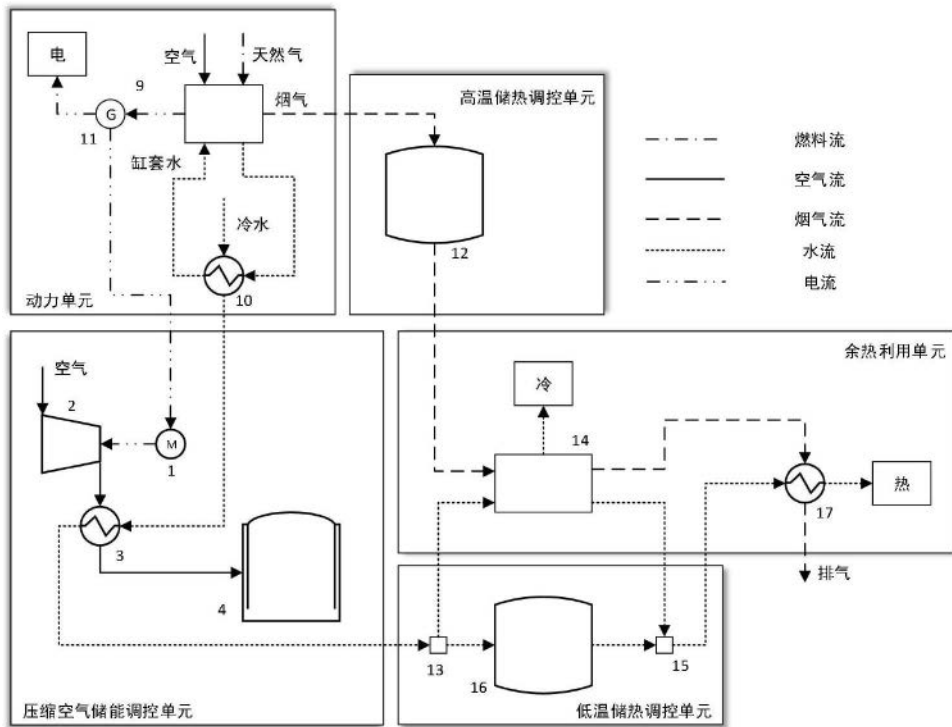


图2

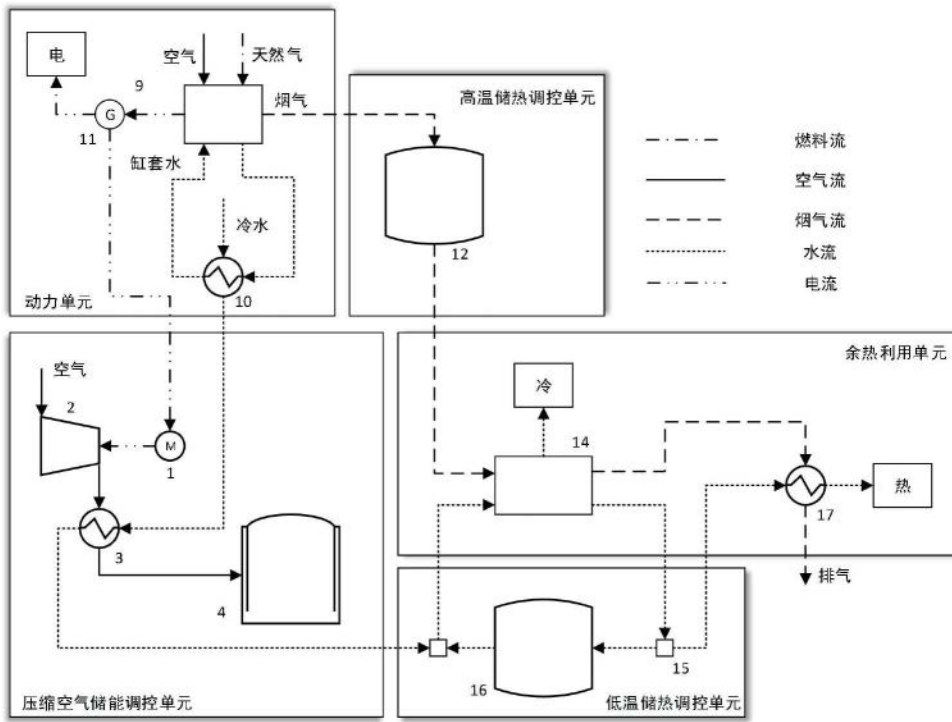


图3

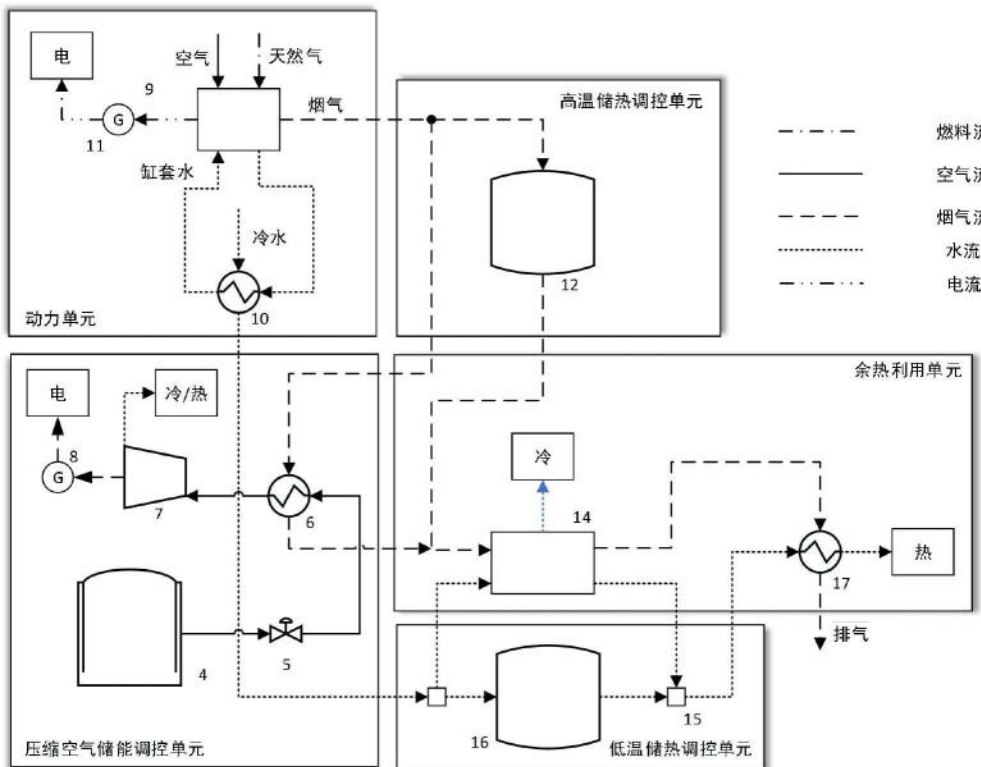


图4

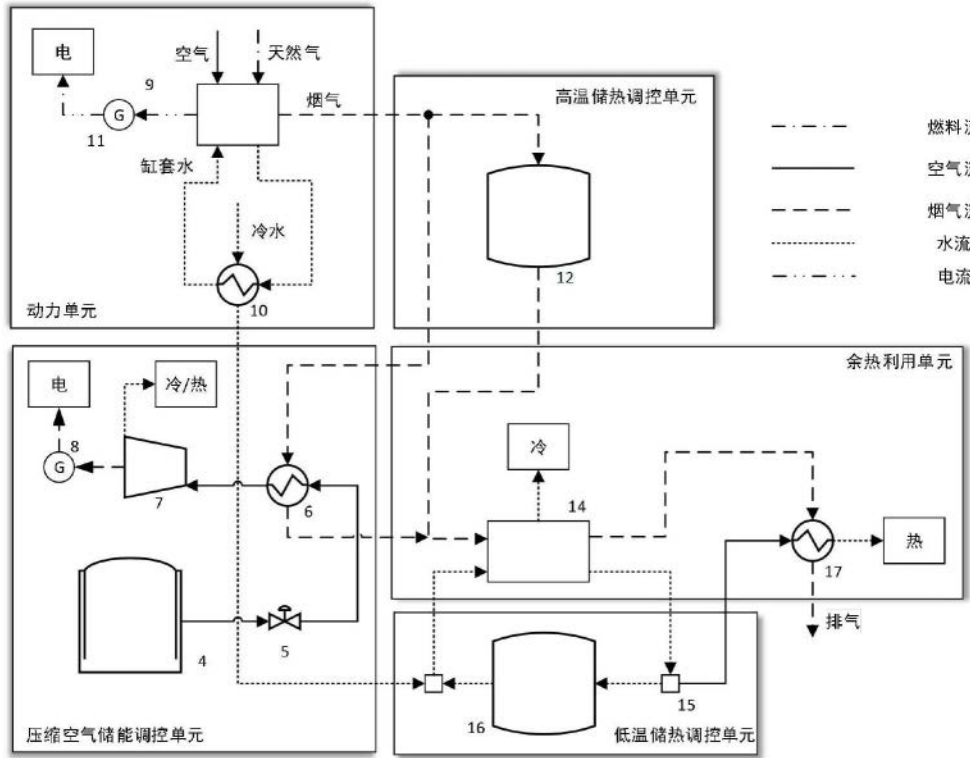


图5

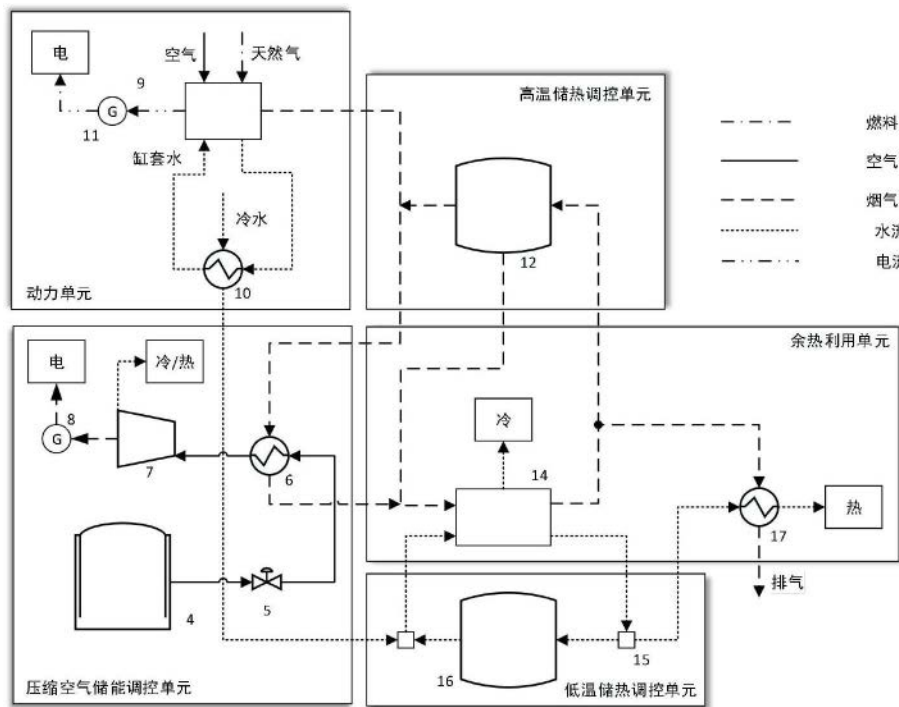


图6

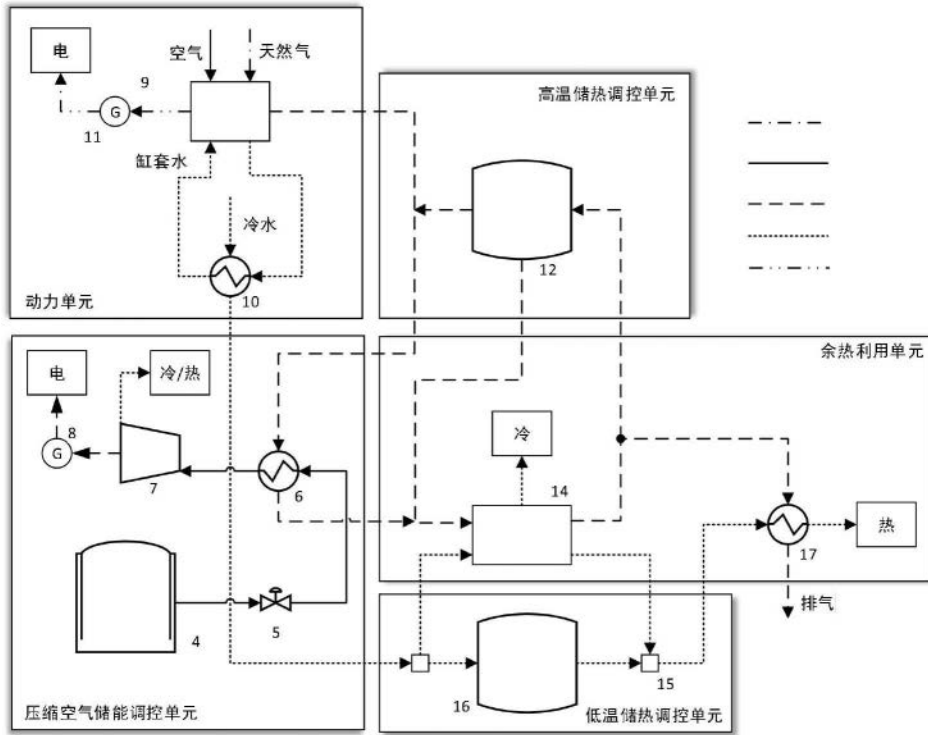


图7

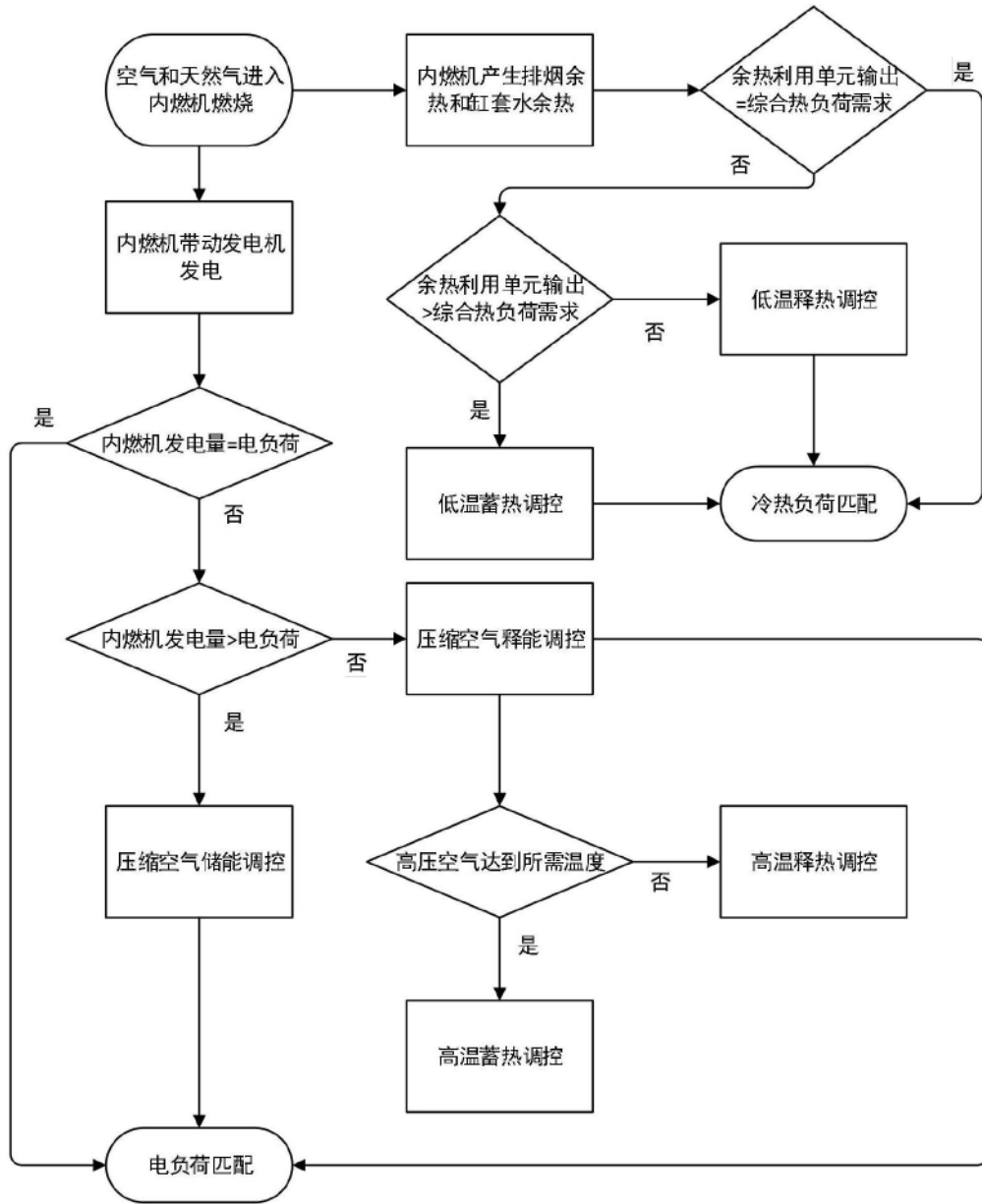


图8