



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106288512 A

(43)申请公布日 2017. 01. 04

(21)申请号 201610825826.0

(22)申请日 2016.09.14

(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

(72)发明人 金红光 隋军 刘启斌 刘泰秀 刘锋

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 任岩

(51)Int. Cl.  
F25B 29/00(2006.01)  
F02G 5/00(2006.01)

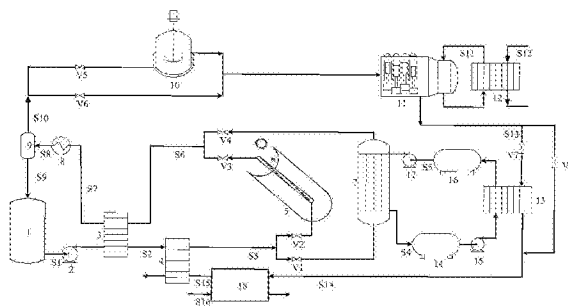
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

一种太阳能热化学冷热电联供系统

(57)摘要

本发明提供了一种太阳能热化学冷热电联供系统,基于化学能与物理能综合梯级利用原理将太阳能与化石燃料进行互补利用,对内燃机高温段排烟余热以导热油显热的形式进行蓄存,当太阳能热化学反应单元所供合成气不能够满足用户需求时,采用导热油显热驱动的化学回热循环来补充合成气量;提升了太阳能与中低温余热的做功能力,降低了燃料燃烧过程中可用能的损失,在一定程度上减小了太阳能间歇、不稳定性对太阳能利用系统运行稳定性的影响,提升了系统的运行可靠性,实现了太阳能的高效蓄存,以及冷、热、电输出比的灵活调控,能够满足用户实时变化的用能需求。



1. 一种太阳能热化学冷热电联供系统,其特征在於,包括:原料供给与预处理单元、太阳能集热反应单元、化学回热单元、产物分离与蓄存单元以及冷热电输出单元;其中,

所述原料供给与预处理单元分别连接所述太阳能集热反应单元与所述化学回热单元,所述原料供给与预处理单元将其产生的甲醇蒸汽送至所述太阳能集热反应单元和/或所述化学回热单元;

所述太阳能集热反应单元和化学回热单元分别连接所述产物分离与蓄存单元,二者利用甲醇蒸汽产生混合气,并将混合气送至所述产物分离与蓄存单元;

所述产物分离与蓄存单元分别连接所述原料供给与预处理单元和冷热电输出单元,所述产物分离与蓄存单元将混合气进行气液分离,分离出的甲醇冷凝液回注到原料供给与预处理单元,分离出的合成气送至冷热电输出单元;

所述冷热电输出单元利用合成气发电、加热生活热水并将冷冻水降温,实现电能、热能和冷能联供。

2. 如权利要求1所述的太阳能热化学冷热电联供系统,其特征在於,

所述原料供给与预处理单元包括第一闸阀(V1)和第二闸阀(V2),所述第一闸阀(V1)和第二闸阀(V2)分别连接所述太阳能集热反应单元与化学回热单元。

3. 如权利要求2所述的太阳能热化学冷热电联供系统,其特征在於,

在太阳辐照不为零且独立依靠所述太阳能集热反应单元满足冷热电输出单元耗气需求的情况下,仅所述第二闸阀(V2)打开,甲醇蒸汽(S3)经由第二闸阀(V2)进入太阳能集热反应单元,所述太阳能集热反应单元产生的合成气进入产物分离与蓄存单元;

在太阳辐照不为零但独立依靠所述太阳能集热反应单元不能满足冷热电输出单元耗气需求的情况下,所述第一闸阀(V1)和第二闸阀(V2)同时打开,甲醇蒸汽(S3)分别经由第二闸阀(V2)、第一闸阀(V1)进入太阳能集热反应单元和化学回热单元,所述太阳能集热反应单元和化学回热单元产生的合成气均进入产物分离与蓄存单元;

在太阳辐照为零的情况下,仅所述第一闸阀(V1)打开,甲醇蒸汽(S3)经由第一闸阀(V1)进入化学回热单元,所述化学回热单元产生的合成气进入产物分离与蓄存单元。

4. 如权利要求1所述的太阳能热化学冷热电联供系统,其特征在於,

所述产物分离与蓄存单元包括:涡旋分离器(9)、合成气储罐(10)、第三闸阀(V5)及第四闸阀(V6),所述第三闸阀(V5)一端连接涡旋分离器(9),另一端连接合成气储罐(10),所述第四闸阀(V6)一端连接涡旋分离器(9),另一端连接冷热电输出单元;

合成气(S10)优先经由第四闸阀(V6)直接通入冷热电输出单元燃烧做功,剩余部分合成气经由第三闸阀(V5)通入到合成气储罐(10)存储。

5. 如权利要求1所述的太阳能热化学冷热电联供系统,其特征在於,

所述化学回热单元包括:烟气换热器(13);所述冷热电输出单元包括:内燃机发电设备(11)、双效溴化锂吸收式制冷机组(18)、第一烟气流量调节阀(V7)和第二烟气流量调节阀(V8),所述第一烟气流量调节阀(V7)一端连接内燃机发电设备(11),另一端连接烟气换热器(13),所述烟气换热器(13)连接双效溴化锂吸收式制冷机组(18),所述第二烟气流量调节阀(V8)一端连接内燃机发电设备(11),另一端连接双效溴化锂吸收式制冷机组(18)。

6. 如权利要求5所述的太阳能热化学冷热电联供系统,其特征在於,

内燃机发电设备(11)产生的高温段内燃机排烟(S13)经由第一烟气流量调节阀(V7)进

入烟气换热器(13),所述化学回热单元利用高温段内燃机排烟(S13)产生混合气,所述高温段内燃机排烟(S13)还经由第二烟气流量调节阀(V8)直接通入双效溴化锂吸收式制冷机组(18),所述第一烟气流量调节阀(V7)和第二烟气流量调节阀(V8)的开度被调节,烟气余热回收比例随之调节,实现冷能和电输出的调整和分配。

7.如权利要求1所述的太阳能热化学冷热电联供系统,其特征在于,

所述原料供给与预处理单元包括:甲醇储罐(1)、甲醇工质泵(2)、低温预热器(3)、高温预热器(4)、第一闸阀(V1)和第二闸阀(V2);

所述甲醇储罐中的甲醇工质(S1)经过甲醇工质泵(2)加压泵送至低温预热器(3),在低温预热器(3)中初级预热,初级预热后的甲醇工质(S2)进入高温预热器(4)进一步加热升温,生成甲醇蒸汽(S3),甲醇蒸汽(S3)通过第一闸阀(V1)和第二闸阀(V2)分别进入太阳能集热反应单元和化学回热单元。

8.如权利要求1所述的太阳能热化学冷热电联供系统,其特征在于,

所述太阳能集热反应单元包括:槽式太阳能聚光集热器(5)与太阳能吸收/反应器(6),甲醇蒸汽(S3)进入太阳能吸收/反应器(6),所述太阳能吸收/反应器(6)利用槽式太阳能聚光集热器(5)所聚焦的太阳热能,将甲醇蒸汽(S3)分解为混合气(S6)。

9.如权利要求1所述的太阳能热化学冷热电联供系统,其特征在于,

所述化学回热单元包括:固定床反应器(7)、低温导热油储罐(14)、低温导热油泵(15)、烟气换热器(13)、高温导热油储罐(16)及高温导热油泵(17);

甲醇蒸汽(S3)进入固定床反应器(7),低温导热油储罐中的低温导热油(S4)经低温导热油泵(15)加压后泵送到烟气换热器(13),经加热升温后进入高温导热油储罐(16);高温导热油储罐内的高温导热油(S5)经高温导热油泵(17)加压泵送到固定床反应器(7),在固定床反应器(7)中驱动甲醇蒸汽(S3)发生分解反应产生混合气(S6),高温导热油(S5)温度降低并储存到低温导热油储罐(14)。

10.如权利要求1所述的太阳能热化学冷热电联供系统,其特征在于,

所述冷热电输出单元包括:内燃机发电设备(11)、热水换热器(12)、双效溴化锂吸收式制冷机组(18)、第一烟气流量调节阀(V7)和第二烟气流量调节阀(V8)。

## 一种太阳能热化学冷热电联供系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能热发电和能源技术领域,尤其是一种太阳能热化学冷热电联供系统。

### 背景技术

[0002] 随着社会的进步和人民生活水平的提高,世界对能源的需求量逐步增加。但是随着能源消耗的主体——化石能源的日益枯竭,世界能源的供需矛盾日益突出。同时化石能源的大量消耗造成了严重的环境问题,威胁着人类的生存环境。

[0003] 我国能源消耗总量由2001年的15.1亿吨标煤增长至2014年的42.6亿吨标煤,同比增长了182.1%。其中,化石能源在总能耗中占比由2001年的92.5%下降到2014年的89.3%。面对日益增长的能源需求,在提高能源利用效率的同时,也应加大对可再生能源的开发力度,逐渐增大可再生能源在总能耗中的占比。

[0004] 太阳能属于可再生能源,具有资源丰富、免费、无污染等优点。太阳能是一种丰富的清洁能源。太阳能投射到地球的总量很高,每秒辐射到地球的总能量相当于500万吨标准煤。其中,我国有2/3的国土年日照在2000小时以上,年平均辐射量超过 $0.6\text{GJ}/\text{cm}^2$ ,特别是在西北和青藏高原地区年平均日照时间长度在2200小时以上。现阶段太阳能主要通过太阳能光伏或太阳能光热的形式进行利用。太阳能光伏发电是指基于光伏效应将太阳能直接转化为电能的技术。传统的太阳能的光热利用,主要是将集热装置获得的太阳辐射能来加热循环工质,驱动动力装置进行发电。全世界范围内,目前已有多个槽式、塔式太阳能光热电站投入商业化运行。美国的Solar Two塔式太阳能试验电站以及德国Jülich电站等均已进行商业化运行。

[0005] 由于太阳能具有能量密度低、间歇性及随季节变化明显等特点,常规的太阳能光热发电系统需要引入储能单元才能连续稳定满足用户的用能需求。现阶段太阳能光热发电仍受运行稳定性较差、发电成本高及太阳能储能技术不够成熟多方面因素的制约,使得在相当长一段时间内,太阳能不能够完全取代化石能源。

[0006] 太阳能热化学主要是利用热化学反应过程,将所聚集的太阳能转化为碳氢燃料的化学能。太阳能热化学过程,一方面将中低温太阳热能以燃料化学能的形式进行蓄存,提升了太阳热能的做功能力;一方面为低能量密度太阳能的高效储存提供了一种途径。太阳能与化石能源互补的热化学能量转化系统可以在太阳能资源丰富的地方进行太阳能热化学过程并进行动力循环,也可以将太阳能转化为二次燃料输送到其他地方进行动力循环等,实现太阳能的储存,解决单独热发电系统发电不稳定、不连续的问题,提高太阳能转化利用效率。同时也可以将太阳能热化学产物与化工工艺集成,实现能量对口、梯级利用。目前太阳能热化学在甲烷重整耦合、煤气化和化石燃料裂解及生物质转化等方面取得了一定的研究进展。澳大利亚在TapioStation建立了世界上首台50MW太阳能驱动天然气水蒸汽重整的示范发电站。Yi Cheng Ng等人对太阳能煤炭气化用于联合循环动力输出与传统燃煤朗肯循环和传统联合循环进行比较发现 $\text{CO}_2$ 排放量分别降低47%和27%。上述太阳能热化学主

要针对聚焦温度在800℃以上的高温太阳能开展相关研究工作,800℃以上的高温太阳能转化为燃料化学能的过程中能量品位提升潜力小,太阳能做功能力提升幅度较低。另外,高温太阳能热化学利用过程面临着集热效率低、投资成本高及反应器材料要求高等技术难题。

[0007] 中低温太阳能热化学技术通过燃料的吸热化学转化,将所聚焦的中低温太阳能转化并存储在燃料的化学能当中,实现了太阳能品位的大幅提升。在催化剂作用下,150~300℃的太阳能驱动甲醇发生分解反应生成以H<sub>2</sub>和CO为主的合成气体。与高温太阳能热化学技术相比,中低温太阳能热化学技术具有太阳能品位提升幅度大、聚光集热系统建设成本低、反应器制造难度低等优势。

[0008] 太阳能的高效利用有助于减少化石燃料的消耗量,综合考虑系统经济性、运行稳定性以及能源利用效率等,寻求可靠和稳定的太阳能利用手段成为当前亟待解决的问题。

## 发明内容

[0009] (一)要解决的技术问题

[0010] 有鉴于此,本发明的主要目的在于提供一种太阳能热化学冷热电联供系统。

[0011] (二)技术方案

[0012] 本发明提供了一种太阳能热化学冷热电联供系统,包括:原料供给与预处理单元、太阳能集热反应单元、化学回热单元、产物分离与蓄存单元以及冷热电输出单元;其中,所述原料供给与预处理单元分别连接所述太阳能集热反应单元与所述化学回热单元,所述原料供给与预处理单元将其产生的甲醇蒸汽送至所述太阳能集热反应单元和/或所述化学回热单元;所述太阳能集热反应单元和化学回热单元分别连接所述产物分离与蓄存单元,二者利用甲醇蒸汽产生混合气,并将混合气送至所述产物分离与蓄存单元;所述产物分离与蓄存单元分别连接所述原料供给与预处理单元和冷热电输出单元,所述产物分离与蓄存单元将混合气进行气液分离,分离出的甲醇冷凝液回注到原料供给与预处理单元,分离出的合成气送至冷热电输出单元;所述冷热电输出单元利用合成气发电、加热生活热水并将冷冻水降温,实现电能、热能和冷能联供。

[0013] (三)有益效果

[0014] 从上述技术方案可以看出,本发明的太阳能热化学冷热电联供系统具有以下有益效果:

[0015] (1)本发明基于化学能与物理能综合梯级利用原理将太阳能与化石燃料进行互补利用,借助槽式太阳能聚光系统聚焦的中低温太阳能来驱动热化学反应的发生,提升了太阳能的做功能力,降低了燃料燃烧过程中可用能的损失;

[0016] (2)本发明通过太阳能与化石燃料的互补利用,在一定程度上减小了太阳能间歇、不稳定性对太阳能利用系统运行稳定性的影响,提升了系统的运行可靠性;

[0017] (3)本发明对内燃机高温段排烟余热以导热油显热的形式进行蓄存,当太阳能热化学反应单元所供合成气不能够满足用户需求时,采用化学回热的形式对所蓄存的内燃机排烟余热加以利用。化学回热单元与太阳能热化学系统的集成,一方面提升了变幅照条件下系统的能源利用效率及运行稳定性,能够连续稳定满足用户用能需求;另一方面将内燃机排烟余热转化为燃料的化学能,实现了烟气余热的品位提升,提升了烟气余热的做功能

力；

[0018] (4)本发明在太阳能热化学反应系统所产生的合成气完全能够满足内燃机耗气需求时,采用主动储能的方式对未被内燃机消耗的合成气进行蓄存,提升了对太阳能的利用性能,同时实现了太阳能的高效蓄存；

[0019] (5)本发明通过调节化学回热比,可以实现系统冷、热、电输出比的灵活调控,能进一步满足用户实时变化的用能需求；

[0020] (6)本发明基于“温度对口、梯级利用”的能源利用机理对不同温度段的热能进行利用,聚集的中低温太阳热能与高温段烟气余热、低温段烟气余热以及内燃机缸套水显热分别来驱动热化学反应、吸收式制冷以及加热生活热水,优化了热利用情况,提高了系统整体的热效率并降低了设备初投资。

## 附图说明

[0021] 图1是依据本发明实施例的太阳能热化学冷热电联产系统的结构示意图。

[0022] 符号说明

[0023] 1-甲醇储罐；2-甲醇工质泵；3-低温预热器；4-高温预热器；5-槽式太阳能聚光集热器；6-太阳能吸收/反应器；7-固定床反应器；8-冷凝器；9-漩涡分离器；10-合成气储罐；11-内燃机发电设备；12-热水换热器；13-烟气换热器；14-低温导热油储罐；15-低温导热油泵；16-高温导热油储罐；17-高温导热油泵；18-双效溴化锂吸收式制冷机组；V1-第一闸阀；V2-第二闸阀；V5-第三闸阀；V6-第四闸阀；V3-第一逆止阀；V4-第二逆止阀；V7-第一烟气流量调节阀；V8-第二烟气流量调节阀；S1-甲醇工质；S2-初级预热后的甲醇工质；S3-甲醇蒸汽；S4-低温导热油；S5-高温导热油；S6-混合气；S7-低温混合气；S8-气液混合物；S9-甲醇冷凝液；S10-合成气；S11-内燃机缸套水；S12-生活热水；S13-高温段内燃机排烟；S14-中温段内燃机排烟；S15-低温段内燃机排烟；S16-冷冻水。

## 具体实施方式

[0024] 根据能源类型以及转化目标的不同,能源的转化利用形式也不尽相同。能量转化过程中,要同时从能量转化数量和品质两方面属性进行考虑。基于能量梯级利用原理,只有实现能量品位对口、梯级利用,才能实现能量的高效转化。基于此,利用中低温太阳热能驱动品位匹配的热化学反应,内燃机高温排烟以化学回热的形式加以利用,低温烟气驱动吸收式制冷设备进行供冷,温度较低的缸套水来生产生活热水,实现燃料化学能、太阳能以及烟气余热的对口、梯级利用,提升了太阳能供能系统的稳定性及利用效率,减小了化石能源的消耗量。

[0025] 通过太阳能热化学技术将太阳能与化石燃料进行互补利用,一方面符合能量梯级利用的原理,提升了系统的能源利用效率；一方面,与化石能源的耦合利用,在一定程度上解决了太阳能不稳定对整个系统运行稳定性的影响。着眼未来,能源利用朝着高效、清洁的方向不断发展,单纯使用化石燃料不符合能源可持续发展的方向。

[0026] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0027] 图1是本发实施例的太阳能热化学冷热电联供系统示意图,其包括:原料供给与预

处理单元、太阳能集热反应单元、化学回热单元、产物分离与蓄存单元以及冷热电输出单元,其中,

[0028] 原料供给与预处理单元,包括:甲醇储罐1、甲醇工质泵2、低温预热器3、高温预热器4、第一闸阀V1和第二闸阀V2,甲醇储罐1经甲醇工质泵2连接低温预热器3,低温预热器3连接高温预热器4,第一闸阀V1和第二闸阀V2并行连接高温预热器4。

[0029] 其中,甲醇储罐1中的甲醇工质S1经过甲醇工质泵2加压泵送至低温预热器3,在低温预热器3中初级预热,初级预热后的甲醇工质S2进入高温预热器4进一步加热升温,生成甲醇蒸汽S3,甲醇蒸汽S3通过第一闸阀V1和第二闸阀V2分别进入太阳能集热反应单元和化学回热单元。

[0030] 太阳能集热反应单元,包括:槽式太阳能聚光集热器5与太阳能吸收/反应器6,太阳能吸收/反应器6经第二闸阀V2连接高温预热器4。

[0031] 其中,甲醇蒸汽S3通过第二闸阀V2进入太阳能吸收/反应器6,太阳能吸收/反应器6利用槽式太阳能聚光集热器5所聚焦的太阳热能,使进入其中的甲醇蒸汽S3在催化剂的作用下发生分解反应产生混合气S6。

[0032] 化学回热单元,包括:固定床反应器7、低温导热油储罐14、低温导热油泵15、烟气换热器13、高温导热油储罐16及高温导热油泵17,固定床反应器7经第一闸阀V1连接高温预热器4,并依次经低温导热油储罐14、低温导热油泵15连接烟气换热器13,烟气换热器13依次经高温导热油储罐16、高温导热油泵17连接固定床反应器7。

[0033] 其中,甲醇蒸汽S3经由第一闸阀V1进入固定床反应器7,低温导热油储罐14中的低温导热油S4经低温导热油泵15加压后泵送到烟气换热器13,经加热升温后进入高温导热油储罐16;高温导热油储罐16内的高温导热油S5经高温导热油泵17加压泵送到固定床反应器7,在固定床反应器7中驱动甲醇蒸汽S3发生分解反应产生混合气S6,同时高温导热油S5温度降低并储存到低温导热油储罐14。

[0034] 产物分离与蓄存单元,包括:冷凝器8、涡旋分离器9、合成气储罐10、第一逆止阀V3、第二逆止阀V4、第三闸阀V5及第四闸阀V6,太阳能吸收/反应器6经第一逆止阀V3连接低温预热器3,固定床反应器7经第二逆止阀V4连接低温预热器3,冷凝器8一端连接低温预热器3,另一端连接涡旋分离器9,涡旋分离器9连接经第四闸阀V6,并经第三闸阀V5连接合成气储罐10。

[0035] 其中,由太阳能吸收/反应器6及固定床反应器7产生的混合气S6分别经第一逆止阀V3及第二逆止阀V4进入低温预热器3,在低温预热器3中预热甲醇工质S1,冷却后的低温混合气S7通入冷凝器8中将残留的甲醇蒸汽进行冷凝,冷凝后的气液混合物S8进入漩涡分离器9进行气液分离,分离出的甲醇冷凝液S9回注到甲醇储罐1,分离出的合成气S10部分经由第四闸阀V6进入冷热电输出单元,部分经由第三闸阀V5通入到合成气储罐10。

[0036] 冷热电输出单元,包括:内燃机发电设备11、热水换热器12、与化学回热单元共用的烟气换热器13、双效溴化锂吸收式制冷机组18、与原料供给与预处理单元共用的高温预热器4、第一烟气流量调节阀V7和第二烟气流量调节阀V8;内燃机发电设备11分别与合成气储罐10和第四闸阀V6连接,并连接热水换热器12以及通过第一烟气流量调节阀V7连接烟气换热器13,烟气换热器13连接双效溴化锂吸收式制冷机组18,内燃机发电设备11还通过第二烟气流量调节阀V8直接连接双效溴化锂吸收式制冷机组18。

[0037] 其中,合成气S10部分经由第四闸阀V6进入内燃机发电设备11,内燃机发电设备11的内燃机缸套水S11通过热水换热器12加热生活热水S12;内燃机发电设备11排烟依次经过烟气换热器13、双效溴化锂吸收式制冷机组18及高温预热器4,高温段内燃机排烟S13在烟气换热器13中对低温导热油S4加热升温,高温段内燃机排烟S13的余热以高温导热油S5显热形式加以蓄存,中温段内燃机排烟S14驱动双效溴化锂吸收式制冷机组18进行制冷,冷冻水S16经过双效溴化锂吸收式制冷机组后降温,并输送冷量至用户侧,低温段内燃机排烟S15在高温预热器4中进一步加热升温初级预热后的甲醇工质S2。

[0038] 在本发明实施例的太阳能热化学冷热电联供系统中,低温预热器3利用太阳能吸收/反应器6及固定床反应器7所产出的混合气S6预热甲醇工质S1。高温预热器4利用低温段内燃机排烟S15进一步加热初级预热的甲醇工质S2至过热蒸汽状态。槽式太阳能聚光集热器5聚焦的太阳能被太阳能吸收/反应器6利用,作为经由第二闸阀V2的甲醇蒸汽S3分解反应热源。固定床反应器7以高温导热油储罐16中高温导热油S5为热源,以提供经由第一闸阀V1的甲醇蒸汽S3分解反应所需热源。冷凝器8用来对低温混合气S7进行冷凝,所述涡旋分离器9将气液混合物S8进行气液分离,分离出的甲醇冷凝液S9回注到甲醇储罐1,分离出的合成气S10优先经由第四闸阀V6直接通向内燃机发电设备11燃烧做功,剩余部分经由第三闸阀V5通入到合成气储罐10。烟气换热器13回收高温段内燃机排烟S13的余热,将低温导热油储罐14中的低温导热油S4加热升温后蓄存到高温导热油储罐16。其中,可以通过调节烟气第一烟气流量调节阀V7和第二烟气流量调节阀V8的开度,控制进入烟气换热器13的高温段内燃机排烟和直接进入双效溴化锂吸收式制冷机组18的高温段内燃机排烟的比例,从而调控烟气换热器13对烟气余热回收的比例,进而实现联产系统冷、电输出的调整和分配,以更好地满足用户的冷、电需求。内燃机缸套水S11通过热水换热器12加热生活热水S12,中温段内燃机排烟S14驱动双效溴化锂吸收式制冷机组18实现制冷。

[0039] 图1所示的太阳能热化学冷热电联产系统的具体工作流程为:

[0040] 甲醇工质S1依次经过低温预热器3、高温预热器4被加热为甲醇蒸汽。

[0041] 在太阳辐照不为零,并且独立依靠太阳能吸收/反应器6所产生的合成气可以满足内燃机发电设备11的耗气需求时的情况下,打开第二闸阀V2,甲醇蒸汽S3经由第二闸阀V2进入太阳能吸收/反应器6,在太阳热能驱动下发生分解反应。

[0042] 当独立依靠太阳能吸收/反应器6所产生的合成气不能满足内燃机发电设备11的耗气需求时,打开第一闸阀V1和第二闸阀V2,甲醇蒸汽S3分别经由第二闸阀V2、第一闸阀V1进入太阳能吸收/反应器6和固定床反应器7发生分解反应产生合成气,以满足内燃机稳定运行耗气需求。

[0043] 在太阳辐照为零的情况下,打开第一闸阀V1,甲醇蒸汽S3全部经由第一闸阀V1进入固定床反应器7发生分解反应。

[0044] 由此可见,本发明通过太阳能吸收/反应器6与固定床反应器7的互补调节,产生的合成气可以满足各种条件下发电设备的耗气需求。

[0045] 由太阳能吸收/反应器6和固定床反应器7产生的混合气S6分别经由第一逆止阀V3、第二逆止阀V4通入低温预热器3进行冷却,之后进入冷凝器8进行冷凝,并由漩涡分离器9进行气液分离,分离出的甲醇冷凝液S9回注到甲醇储罐1,分离出的合成气S10优先经由第四闸阀V6直接通向内燃机发电设备11燃烧做功,剩余部分经由第三闸阀V5通入到合成气储



罐10。

[0046] 在太阳能吸收/反应器6单独产生的合成气不能满足内燃机发电设备11耗气的情况下,所述系统将太阳能吸收/反应器6、固定床反应器7产生的合成气通入内燃机发电设备11以燃烧做功。

[0047] 在太阳能吸收/反应器6单独产生的合成气足以满足内燃机发电设备11耗气的情况下,所述系统将单独运行太阳能吸收/反应器6,将其产生的合成气通入内燃机发电设备11以燃烧做功,并通过主动蓄能的形式将过量的合成气蓄存到合成气储罐10。

[0048] 内燃机缸套水S11通过热水换热器12加热生活热水S12。内燃机排烟先通过烟气换热器13来加热低温导热油S4,之后驱动双效溴化锂吸收式制冷机组18进行制冷,并最终通过高温预热器4来进一步加热初级预热后的甲醇工质S2。

[0049] 本发明提供的太阳能热化学冷热电联产系统,通过与化学回热系统的集成,实现了太阳能与化石能源的高效互补利用,提升了冷热电联产系统的能源利用率以及运行稳定性。在一个实验例中,其主要参数如表1所示。

[0050] 表1

项目	值
环境温度	20 °C
设计太阳能辐照	700 W/ m <sup>2</sup>
槽式太阳能聚光集热器的太阳能集热镜 场开口面积	84 m <sup>2</sup>
槽式太阳能聚光集热器的集热管长度	28 m
槽式太阳能聚光集热器的镜面开口宽度	3 m
甲醇分解温度	220 °C
太阳能吸收/反应器运行压力	400 kPa
[0051] 固定床反应器运行压力	400 kPa
内燃机额定发电功率	100 kW
内燃机发电效率	0.35
内燃机排烟温度	450 °C
生活热水温度	75 °C
双效溴化锂吸收式制冷机组 COP	1.26
冷冻水入口温度	12 °C
冷冻水出口温度	7 °C
高温导热油储罐导热油温度	280 °C
低温导热油储罐导热油温度	230 °C

[0052] 为便于对本发明提出的联产系统性能进行分析,以表1中系统参数为例对所提出系统在设计工况以及典型日下系统热力性能进行分析。本发明提出的联产系统在设计工况下热力学性能如表2所示,典型日下热力性能如表3所示。

[0053] 表2

项目	能量/kW	比例 %
能量总输入	309.6	100.0
甲醇化学能	250.8	81.0
太阳能	58.8	19.0
能量总输出	242.6	78.4
发电	100.0	32.3
[0054] 供热	85.7	27.7
制冷	23.9	7.7
蓄存合成气	15.4	5.0
蓄存热量	17.6	5.7
化石能源利用率		78.4
系统发电效率		34.0
太阳能净发电效率		21.1

[0055] 表3

项目	春分日	夏至日	秋分日	冬至日
总能源利用率 %	65.4	66.3	65.4	61.5
系统发电效率 %	35.2	35.7	35.2	33.1
[0056] 日均太阳能净发电效率 %	19.0	21.6	19.1	12.8
太阳能份额 %	11.3	10.0	11.2	15.9
化石能源相对节能率 %	37.2	37.2	37.3	37.3
满负荷运行时长 h	19.1	23.7	19.7	9.0

[0057] 本发明提出的太阳能热化学冷热电联产系统在设计工况下,太阳能净发电效率达21.1%,化石能源利用率达78.4%。相比现阶段常规的分产系统,所提出系统在四季典型日下化石能源相对节能率约为37%,能源利用率约为65%。所提系统在夏至日可以实现满负荷连续运转23.7小时,日均太阳能净发电效率达到21.6%;在冬至日可以满负荷连续运转9.0小时,日均太阳能净发电效率12.8%,太阳能份额为15.9%。总体而言,本发明所提出的太阳能热化学冷热电联产系统在能源利用效率、太阳能净发电效率、运行时长以及化石能源相对节能率方面具有较好的系统优势。此外,本发明提出的冷热电联产系统具有热电比灵活可调的优点,在一定程度上减小了供能侧与用户用能不匹配的问题。

[0058] 需要说明的是,在附图或说明书正文中,未绘示或描述的实现方式,均为所属技术领域普通技术人员所知的形式,并未进行详细说明。此外,上述对各元件的定义并不仅限于实施例中提到的各种具体结构、形状,本领域普通技术人员可对其进行简单地更改或替换,例如:

[0059] (1)各个单元还可以采用其他设备,只要能够完成相同的功能即可;

[0060] (2)本文可提供包含特定值的参数的示范,但这些参数无需确切等于相应的值,而是可在可接受的误差容限或设计约束内近似于相应值;

[0061] (3)实施例中提到的方向用语,例如“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”等,仅是参考附图的方向,并非用来限制本发明的保护范围;

[0062] (4)上述实施例可基于设计及可靠度的考虑,彼此混合搭配使用或与其他实施例混合搭配使用,即不同实施例中的技术特征可以自由组合形成更多的实施例。

[0063] 综上所述,本发明所提出的太阳能热化学冷热电联产系统在能源利用效率、太阳能净发电效率、运行时长以及化石能源相对节能率方面具有较好的系统优势。此外,本发明提出的冷热电联产系统具有热电比灵活可调的优点,在一定程度上减小了供能侧与用户用能不匹配的问题。

[0064] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

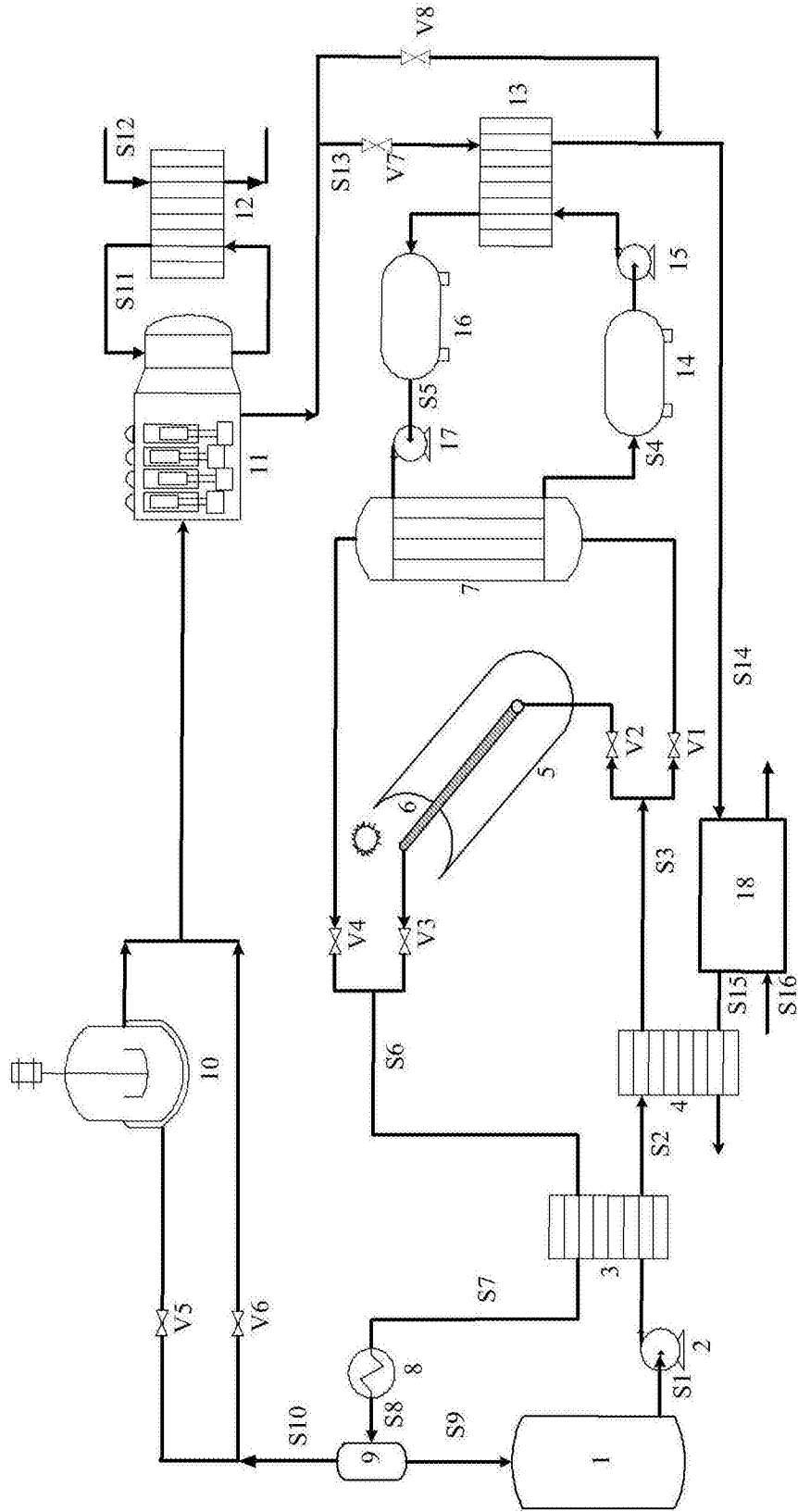


图1