



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104153954 B

(45)授权公告日 2016.09.21

(21)申请号 201310180471.0

(22)申请日 2013.05.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104153954 A

(43)申请公布日 2014.11.19

(73)专利权人 张建城

地址 050051 河北省石家庄桥西区友谊大街精英路31号楼5单元501

(72)发明人 张建城

(51)Int.Cl.

F03G 6/06(2006.01)

F24J 2/48(2006.01)

(56)对比文件

CN 101240780 A,2008.08.13,

CN 101876487 A,2010.11.03,

CN 202521896 U,2012.11.07,

CN 102913405 A,2013.02.06,

CN 201916139 U,2011.08.03,

US 4513733 A,1985.04.30,

CN 102007294 A,2011.04.06,

审查员 王萌

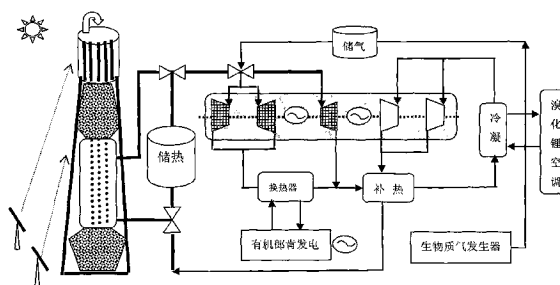
权利要求书4页 说明书8页 附图5页

(54)发明名称

多模式塔式太阳能热发电装置

(57)摘要

本发明多模式塔式太阳能热发电装置采用特种陶瓷太阳能接收器,以“流沙”替代导热油或熔盐等传热储热介质,借助流沙携带的显热和高温辐射实现超临界二氧化碳布雷顿热发电;在创新熔盐储热技术的基础上,实现了与有机朗肯发电、溴化锂空调、生物质能等技术互补,在减少冷却用水、降低成本、延长发电时数、扩大使用范围上做了大胆尝试,为最终替代化石能源发电奠定技术基础。该装置属太阳能热发电技术领域。



1. 多模式塔式太阳能热发电装置包括定日镜聚光阵列, 太阳能接收塔, 太阳能接收器, 金属换热管、催化器、涂覆耐高温隔热涂料的保温材料, 动力工质、储气罐, 燃气燃油锅炉、动力发电装置; 流沙、流沙热交换器、流沙储热室、流沙控制器、储沙室、流沙提升装置、流沙导流器; 用来固定太阳能接收器的金属框架, 聚光阵列和发电控制装置; 储热装置、乏气换热器; 空气进、出口; 空气冷却装置, 有机郎肯发电装置, 溴化锂空调机组; 其中流沙导流器、太阳能接收器、流沙储热室、流沙热交换器、储沙室、流沙提升装置设置于太阳能接收塔塔身内; 太阳能接收器位于太阳能接收塔顶部; 太阳能接收器上端连接流沙导流器, 下端连接流沙储热室; 流沙经太阳能接收器加热后进入流沙储热室, 流沙储热室下端连接流沙热交换器, 流沙经流沙热交换器进入储沙室; 储沙室设置流沙提升装置; 流沙提升装置将流沙提升到太阳能接收塔顶部的流沙导流器, 经流沙导流器再次进入太阳能接收器完成传热循环; 流沙热交换器连接以开式或闭式布雷顿循环原理运行的动力发电装置; 动力发电装置通过内部的乏气换热器或冷凝散热器连接有机郎肯热发电装置实现梯级发电, 或空气冷却装置; 或由溴化锂空调机组直接替代冷凝散热器; 将催化器安装在太阳能接收器内, 成为太阳能化学重整的高温催化装置, 重整产出的合成气可储存, 也可用于布雷顿循环发电; 定日镜聚光阵列围绕太阳能接收塔布置;

1) 所述太阳能接收器包括陶瓷型砖, 涂覆耐高温隔热涂料的保温材料, 陶瓷换热管, 用来固定太阳能接收器的金属框架, 控制流沙进出口流量和速度的控制端口; 由陶瓷型砖构筑的太阳能接收器受热墙体;

2) 所述陶瓷型砖是指由导热性能优异的特种陶瓷如碳化硅类陶瓷或氮化硅类陶瓷或氧化硅类陶瓷或氧化铝类陶瓷或氮化铝类陶瓷材料制作的成长方体的型砖; 陶瓷型砖面对定日镜光辐照一侧外表面沉积涂覆耐高温热吸收涂层; 陶瓷型砖中心制作流沙管道; 流沙管道为垂直或倾斜的圆筒形管道; 或为长方形流沙管道, 管道内壁设置导热翅板, 或垂直或倾斜排列; 倾斜设置圆筒形流沙管道的陶瓷型砖在上下组装后流沙管道成“之”字状; 为便于墙体组装, 陶瓷型砖左右、上下两端均设立便于整体插装固定的连接隼和榫槽;

3) 所述陶瓷换热管是由导热性能优异的碳化硅或氮化硅或氧化硅或氧化铝或氮化铝或氮化硼制作的陶瓷管, 安装在陶瓷型砖的管道内; 为便于陶瓷换热管吸热和装配, 在陶瓷型砖面对定日镜光辐照面开口, 其宽度或等于或小于陶瓷换热管外径; 陶瓷换热管外沉积涂覆热吸收涂层; 陶瓷换热管是直管或“之”字状弯曲管; 陶瓷换热管内壁设置若干突起或凹进的螺旋槽线或若干翅片; 在组装太阳能接收器时将陶瓷换热管顺序插装在陶瓷型砖预留的管道内; 陶瓷换热管两端设置对应连接的螺旋槽口或卡口;

4) 所述催化器用于太阳能重整生物质气、二氧化碳气或水蒸气; 催化器包括金属外管、涂覆多元催化载体的蜂窝陶瓷、进出气口端盖; 催化器插入陶瓷型砖预留管道内, 催化器在太阳能接收器上或并联或串联;

5) 在低纬度地区, 太阳能接收器在塔身顶部呈圆周设置, 用于圆周安装的陶瓷型砖具有一定弧度; 在纬度稍高的地区, 太阳能接收器设置在塔身顶部一侧太阳能辐照窗口内; 涂覆耐高温隔热涂料的保温材料紧贴陶瓷型砖墙体背面; 用来固定太阳能接收器的金属框架安装在太阳能接收塔的塔顶;

6) 所述流沙是石英砂粒或玻璃微珠或碎玻璃砂粒或碎陶瓷砂粒或金属珠粒或陶粒砂或石墨颗粒或玄武岩砂粒, 或导热球形氧化铝珠粒, 或混合了石墨的玻璃、陶瓷砂粒; 选自

沙漠的固体流沙；为提高上述砂粒的热吸收性能，对砂粒做黑化处理；

7)所述流沙热交换器是管壳式或板式金属热交换器或碳化硅陶瓷热交换器；流沙热交换器垂直放置在流沙储热室下端；为保证流沙均匀流经流沙热交换器，流沙热交换器流沙进口端成锅盖状；为防止流沙冲击流沙金属热交换器管道焊接端口，用陶瓷材料整体制作或分体拼接成对应的成锅盖状的流沙进口端盖，覆盖并套装在流沙金属热交换器进口上端，端盖上的每一个管道进口均成漏斗型与每一个流沙金属热交换器换热管口对应，防止流沙对流沙金属热交换器金属换热管焊口的冲击磨损；流沙热交换器换热端连接动力发电装置；流沙经流沙热交换器流入下方的储沙室；流沙热交换器金属传热管内壁涂覆耐磨涂料以延长使用寿命；

8)所述流沙储热室是具有保温功能并存储高温流沙的储藏室，流沙储热室进出口均设置流沙控制器，控制流沙流出速度和流量；

9)所述流沙提升装置由动力装置、金属链条、金属链斗和流沙管道组成；流沙下落进入储沙室后由动力装置带动金属链条和金属链斗通过流沙管道将流沙提升至顶部的流沙导流器；或设置电葫芦提升装置；

10)所述动力发电装置是开式或闭式布雷顿循环热发电装置，或郎肯循环热发电装置；布雷顿循环热发电装置包括流沙热交换器、补热器、涡轮机、燃烧室、乏气换热器、压气机、发电机、冷凝散热器、气体储罐；空气进、出口；动力工质；在光照充足时，经压缩的动力工质气体经流沙热交换器升温成超临界气体进入涡轮机膨胀做功，排出的高温乏气进入补热器，经补热器进入冷凝散热器，冷凝后的动力工质气体经压气机进入补热器补热，经压缩和补热的动力工质气体再次进入流沙热交换器，实现布雷顿热发电循环；无光照或光照不足时动力工质气体转换进入储热装置继续保持发电状态；或开启生物质气阀门和空气进口，令开式布雷顿循环热发电装置运行燃气布雷顿循环热发电模式；排出的高温乏气进入流沙热交换器或储热装置放热后排出至大气，实现布雷顿动力循环双模式共同运行；

11)所述动力发电装置上的冷凝散热器冷凝端进出口分别连接有机郎肯热发电装置或溴化锂空调机组的热交换器进出口，或由溴化锂空调机组完全替代冷凝散热器作为冷凝换热终端；或在涡轮机出气口端专门设置乏气换热器连接有机郎肯热发电装置，以实现太阳能热能高效利用；

12)所述动力工质为空气或二氧化碳气或氮气或一氧化氮气或氦气或烷烃类气体；或生物质气化气、沼气；或天然气、可燃冰气或液化石油气；或醇类燃料如甲醇、乙醇、二甲醚；或燃油如柴汽油、煤油、重油。

2.多模式塔式太阳能热发电装置包括定日镜聚光阵列、太阳能接收塔、太阳能接收器、聚光阵列和发电控制装置，流沙热交换器、动力工质、储热装置、储气罐；燃气燃油锅炉，动力发电装置；空气进口；生物质气发生装置、有机郎肯发电装置、溴化锂空调机组；选择太阳能和生物质能互补布雷顿动力发电技术，一是生物质能与流沙传热塔式太阳能热发电技术互补；二是生物质能与塔式太阳能接收器直接传热模式互补；三是太阳能和生物质能同时做功发电；四是关闭太阳能系统，仅依赖生物质能发电；针对第一种情况选择两种技术措施，一是单独设立一个燃气燃油锅炉，燃气管道连接燃烧室的燃气喷嘴进口；燃气燃油锅炉的换热端与流沙热交换器气体进出口端并联连接；或燃气燃油锅炉串联在流沙热交换器和涡轮机之间；二是对布雷顿循环热发电装置进行改进，使其成为同轴、且开式燃气布雷顿循

环和闭式超临界布雷顿循环共同做功的一体化布雷顿循环动力发电装置;或根据动力发电装置和动力工质的性质,开式布雷顿循环热发电装置选择生物质气,而闭式超临界布雷顿循环热发电装置选择二氧化碳气或一氧化氮气为动力工质;第二种情况,布雷顿循环热发电装置上的涡轮机进气口和补热器出口连接太阳能接收器进出口,燃气燃油锅炉并联或串联其间;上述两种情况太阳能充足则关闭生物质气阀门,太阳能不足或没有光照则关闭太阳能管路,开启生物质气阀门和燃气燃油锅炉;第三种情况,有光照但不很充足则选择双能源同时做功发电;第四种情况在太阳能光照长期不足则关闭太阳能管路,完全依靠生物质气发电;生物质气发生装置气体出口或储气罐气体出口通过控制阀门连接布雷顿循环涡轮机燃烧室的燃气喷嘴进口,或连接燃气燃油锅炉燃气喷嘴进口;燃气燃油锅炉排气口连接流沙热交换器的流沙进口,燃气燃油锅炉燃烧的高温气经排气口进入流沙热交换器为闭式超临界布雷顿动力发电装置提供热源;或燃气燃油锅炉排气口连接储热装置,经储热装置循环放热后排至大气;

1)为实现热能梯级利用,布雷顿循环热发电装置上的冷凝散热器冷凝一侧的进出口连接有机郎肯热发电装置,或由溴化锂空调机组完全替代冷凝散热器作为冷凝换热终端;或在涡轮机出气口端专门设置乏气换热器,涡轮机排出的乏气经乏气换热器进入补热器;乏气换热器另一端连接有机郎肯热发电装置;储热装置接入热动力工质循环回路,发挥太阳能发电的储能优势;

2)所述动力工质为空气或二氧化碳气或氮气或一氧化氮气或氦气或烷烃类气体;或生物质气化气、沼气;或天然气、可燃冰气或液化石油气;或醇类燃料如甲醇、乙醇、二甲醚;或燃油如柴汽油、煤油、重油;

3)所述储气罐是用来储存二氧化碳气或氮气或一氧化氮气或氦气或烷烃类气体;生物质气化气、沼气、天然气、可燃冰气的储气容器;或改为储液罐,储存醇类燃料或燃油;

4)所述生物质气发生装置是指生物质气化发生装置或沼气发生装置;或用天然气、液化石油气供气装置替代;

5)在太阳能与生物质气互补发电模式下,光照充足时选择太阳能超临界布雷顿循环发电;无光照或储热温度低于一定值时选择生物质气在燃气燃油锅炉内为动力工质提供外燃高温热源;

6)所述动力发电装置为开式燃气布雷顿循环和闭式超临界布雷顿循环同轴紧密连接、共同做功的一体化布雷顿循环动力发电装置,主要包括同轴的用于开式和闭式工况的两组压气机、涡轮机;补热器、冷凝器分别设置或共用一组;太阳能运行闭式超临界布雷顿循环,生物质气运行开式布雷顿循环;两种布雷顿循环气密分割,或设置同轴离合器,既可共同运行,也可独立运行;或设置两套独立的布雷顿循环热发电装置;一套为开式燃气布雷顿循环热发电装置,另一套为闭式超临界布雷顿循环热发电装置,两套布雷顿循环热发电装置分别独立运行;在无光照时,开启开式燃气布雷顿循环热发电装置替代超临界布雷顿循环热发电运行;为充分利用燃气热能,开式布雷顿循环热发电装置的涡轮机出口通过补热器连接流沙热交换器的流沙管道进口,即高温燃气乏气需经由流沙热交换器的流沙管道排至大气;或燃气涡轮机出口通过补热器连接储热装置,通过在储热装置中放热排气的过程为闭式超临界布雷顿循环提供热源;或采用太阳能重整生物质气和二氧化碳工艺技术,产出的合成气经储气罐供开式布雷顿循环动力发电;

7)所述空气进、出口是专为布雷顿循环热发电装置在单独使用生物质气燃气发电时设置的;采用开式燃气布雷顿循环发电方式则开启空气进口;采用闭式布雷顿循环热发电方式则关闭空气进口;

8)在生物质气独立发电模式中,选择开式布雷顿循环发电方式;经压气机压缩的空气与生物质气混合后进入燃烧室燃烧,燃气进入涡轮机膨胀做工;涡轮机排出的高温乏气经补热器后直接送入乏气换热器经换热驱动有机郎肯发电装置,再送溴化锂空调机组排出机外;或涡轮机排出的高温乏气进入补热器后直接送入溴化锂空调机组,经溴化锂空调机组排至机外;压气机通过空气进口吸入空气压缩后顺序进入补热器、涡轮机,开始新的开式布雷顿循环热发电;或开启燃气燃油锅炉,由生物质气或其它动力工质在燃气燃油锅炉内燃烧为闭式超临界布雷顿循环热发电装置提供热源;

9)所述储热装置是指熔盐储热装置和陶瓷蜂窝储热装置,均采用单罐储热技术;其中熔盐储热装置包括罐体、储热换热器、换热管、熔盐、固体储热介质及容器、传输管道;其中储热换热器置于罐体内,采用耐腐蚀、耐高温合金金属,或特种陶瓷制作;储热换热器的换热管为高温合金金属或特种陶瓷管;换热管为波节管或管外侧带翅片的强化换热管;固体储热介质及容器是为减少熔盐使用量,提高储热效率设置;固体储热介质选择石英或玻璃或陶瓷或石墨,和熔盐共同组成储热介质;固体储热容器采用特种陶瓷制作,为圆柱箱体,长方箱体,环形箱体,固体储热容器外壁设熔盐液体流通孔洞,孔洞直径以小于固体储热介质为限;固体储热容器与换热管交错布置;陶瓷蜂窝储热装置包括罐体、陶瓷蜂窝蓄热体,换热管;换热管一端为进气口另一端为出气口,陶瓷蜂窝蓄热体主要由特种陶瓷、普瓷、堇青石、莫来石、刚玉莫来石、氧化铝、钛酸铝、锂辉石、磷酸锆钠、锆英石、锆铬刚玉材质制作;陶瓷蜂窝蓄热体与换热管交错排列贯通,陶瓷蜂窝储热装置内也可填充熔盐;储热装置为开式布雷顿循环热发电装置排气,或为燃气燃油锅炉高温排气设立独立的循环放热排气管道。

多模式塔式太阳能热发电装置

技术领域

[0001] 本发明多模式塔式太阳能热发电装置兼顾不同的传热介质,采用创新的太阳能接收器,在保持熔盐储热的技术基础上,增加了与生物质能互补技术,在减少冷却用水,降低成本、延长发电时数、扩大使用范围上均有较大技术突破。该装置属太阳能热发电技术领域。

背景技术

[0002] 布雷顿循环热发电技术最突出的优点是系统热电转换效率高,主要采用空气、氦气、二氧化碳气为动力工质,以及由燃油、燃气、核能、太阳能提供高温热能运行。很明显,该技术不仅在燃气发电、核电领域而且在太阳能热发电领域也将会有很好的应用前景。美国专利US7685820“超临界二氧化碳聚光太阳能发电系统装置”详述了通过熔盐换热并采用超临界二氧化碳气体作为动力工质的装置构造,该专利是在传统太阳能熔盐储热换热基础上将郎肯循环蒸汽热发电技术简单替换为超临界布雷顿循环动力发电,该专利的中国同族专利为200710306179.3。与此专利完全相同的美国专利申请US2012216536A1则改双罐储热为单罐储热。美国专利US4479353A利用固体颗粒储热和传热实现郎肯蒸汽循环发电,与其相同的是专利US8109265B1,试图通过固体颗粒获得高温空气再换热驱动布雷顿循环热发电装置,与该专利类似的是中国专利200910090284.7“太阳能热发电用固体球流吸热器”,其缺陷是定制的固体颗粒在光辐射环境中成自由落体下降,热吸收率明显低。其实,较早提出将超临界布雷顿循环动力技术在太阳能热发电领域应用的是中国北京工业大学,其次是于2005年在中国南京江宁开发区采用布雷顿循环原理建立的中国第一个塔式太阳能热发电站。该电站通过太阳能空腔式接收器以空气作传热工质,辅之以天然气和小型燃气轮机率先实现了利用太阳能和布雷顿循环技术结合的热发电装置,由于腔式太阳能接收器入口太小,进气温度难于和燃气配套致使实验失败。以色列和澳大利亚实施的“郁金香”小型塔式太阳能热发电试验项目实际是该技术的继续。中国专利201210418099.8“采用流沙储热传热的一体化塔式太阳能热发电装置”选择的管式太阳能接收器与传统直接蒸汽和熔盐介质接收器在结构上并无大的区别,与W02013006630A2专利几近相同。它们存在的共同缺陷是太阳能接收器都是采用金属排管直接吸热,与传统的熔盐太阳能吸热器有类似之处。塔式太阳能热发电的固有缺陷是抗风荷性能差,定日镜的风荷载与面积成正比,面积越大风载也越大,因此定日镜抖动越严重,由此直接导致太阳能接收器表面能流密度大幅下降,传热介质温度也会随之出现大幅波动。因此,为克服塔式太阳能热发电装置存在的固有缺陷,必须创新太阳能接收器,只有扬长避短,才能充分发挥塔式太阳能聚光比高、温度高的优势,为采用效率更高的布雷顿循环动力发电模式奠定基础。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是为塔式太阳能热发电装置选择多模式的动力发电技术,采用全新的太阳能接收器及其受热结构和传热工质,通过不同技术的互补和热能梯

级利用实现光、热、电利用效率最大化。本发明所采取的技术措施主要有四项,首先是发挥特种陶瓷吸热性能以及导热系数高的优势,采用多种构造解决太阳能接收器吸热、传热、受热保温等问题;二是采用布雷顿循环热发电技术,简化构造,尽可能降低制造成本;三是塔式太阳能发电装置配置有机郎肯热发电装置或溴化锂空调机组,实现热能梯级利用;四是将塔式太阳能发电装置与生物质气发生装置互补,实现太阳能和生物质能利用效率最大化。

[0004] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0005] 1、多模式塔式太阳能热发电装置包括定日镜聚光阵列,太阳能接收塔,太阳能接收器,金属换热管、催化器、涂覆耐高温隔热涂料的保温材料,动力工质、储气罐,燃气燃油锅炉、动力发电装置;流沙、流沙热交换器、流沙储热室、流沙控制器、储沙室、流沙提升装置、流沙导流器;用来固定太阳能接收器的金属框架,聚光阵列和发电控制装置;储热装置、乏气换热器;空气进、出口;空气冷却装置,有机郎肯热发电装置,溴化锂空调机组;其中流沙导流器、太阳能接收器、流沙储热室、流沙热交换器、储沙室、流沙提升装置设置于太阳能接收塔塔身内;太阳能接收器位于太阳能接收塔顶部;太阳能接收器上端连接流沙导流器,下端连接流沙储热室;流沙经太阳能接收器加热后进入流沙储热室,流沙储热室下端连接流沙热交换器,流沙经流沙热交换器进入储沙室;储沙室设置流沙提升装置;流沙提升装置将流沙提升到太阳能接收塔顶部的流沙导流器,经流沙导流器再次进入太阳能接收器完成传热循环;流沙热交换器连接以开式或闭式布雷顿循环原理运行的动力发电装置;动力发电装置通过内部的乏气换热器或冷凝散热器连接有机郎肯热发电装置实现梯级发电,或空气冷却装置;或由溴化锂空调机组直接替代冷凝散热器;或将催化器安装在太阳能接收器内,成为太阳能化学重整的高温催化装置,重整产出的合成气可储存,也可用于布雷顿循环发电;定日镜聚光阵列围绕太阳能接收塔布置;

[0006] 1)所述太阳能接收器包括陶瓷型砖,涂覆耐高温隔热涂料的保温材料,陶瓷换热管,用来固定太阳能接收器的金属框架,控制流沙进出口量和速度的控制端口;由陶瓷型砖构筑的受热墙体吸收光辐照并转化热能和缓冲受热保温作用;

[0007] 2)所述陶瓷型砖是指由导热性能优异的特种陶瓷如碳化硅类陶瓷、或氮化硅类陶瓷、或氧化硅类陶瓷、或氧化铝类陶瓷、或氮化铝类陶瓷材料制作的成长方体的型砖;陶瓷型砖面对定日镜光辐照一侧外表面沉积涂覆耐高温热吸收涂层;陶瓷型砖中心制作流沙管道;流沙管道为垂直、或倾斜的圆筒状;或为长方形流沙管道,管道内壁设置导热翅板,或垂直、或倾斜排列;圆筒型流沙管道上下连接后成“之”字状,其作用是在流沙下降时减缓流沙降落速度,用以增加流沙受热辐射量;为便于墙体组装,陶瓷型砖左右、上下两端均设立便于整体插装固定的连接隼和隼槽;

[0008] 3)所述陶瓷换热管是由导热性能优异的碳化硅、或氮化硅、或氧化硅、或氧化铝、或氮化铝、或氮化硼制作的陶瓷管,安装在陶瓷型砖预留的管道内;为便于陶瓷换热管吸热和装配,在陶瓷型砖面对定日镜光辐照面开口,其宽度或等于、或小于陶瓷换热管外径;陶瓷换热管外涂覆热吸收涂层;陶瓷换热管是直管、或“之”字状弯曲管;陶瓷换热管内壁设置若干突起或凹进的螺旋槽线、或若干翅片;在组装太阳能接收器时将陶瓷换热管顺序插装在陶瓷型砖预留的管道内;陶瓷换热管两端设置可对应连接的螺旋槽口或卡口;

[0009] 4)所述催化器用于太阳能重整生物质气、二氧化碳气、或水蒸汽;催化器包括金属

外管、涂覆多元催化载体的蜂窝陶瓷、进出气口端盖；催化器插入陶瓷型砖预留管道内，催化器在太阳能接收器上或并联、或串联；

[0010] 5)在低纬度地区，太阳能接收器在塔身顶部呈圆周设置，用于圆周安装的陶瓷型砖具有一定弧度；在纬度稍高的地区，太阳能接收器设置在塔身顶部一侧太阳能辐照窗口内；涂覆耐高温隔热涂料的保温材料紧贴陶瓷型砖墙体背面，防止内外空气对流起隔热保温作用；用来固定太阳能接收器的金属框架安装在太阳能接收塔的塔顶；

[0011] 6)所述流沙是石英砂粒、或玻璃微珠、或碎玻璃砂粒、或碎陶瓷砂粒、或金属珠粒、或陶粒砂、或石墨颗粒、或玄武岩砂粒，或导热球形氧化铝珠粒，或混合了石墨的玻璃、陶瓷砂粒；沙漠流沙；为提高上述砂粒的热吸收性能，对砂粒做黑化处理；

[0012] 7)所述流沙热交换器是管壳式、或板式金属热交换器、或碳化硅陶瓷热交换器；流沙热交换器垂直放置在流沙储热室下端；为保证流沙均匀流经流沙热交换器，流沙热交换器流沙进口端成锅盖状；为防止流沙冲击流沙金属热交换器管道焊接端口，用陶瓷材料整体制作、或分体拼接成对应的成锅盖状的流沙进口端盖，覆盖并套装在流沙金属热交换器进口上端，端盖上的每一个管道进口均成漏斗型与每一个流沙金属热交换器换热管口对应，防止流沙对流沙热交换器金属换热管焊口的冲击磨损；流沙热交换器换热端连接动力发电装置；流沙经流沙热交换器流入下方的储沙室；流沙热交换器金属传热管内壁涂覆耐磨涂料以延长使用寿命；

[0013] 8)所述流沙储热室是具有保温功能并存储高温流沙的储藏室，流沙储热室进出口均设置流沙控制器，控制流沙流出速度和流量；

[0014] 9)所述流沙提升装置由动力装置、金属链条、金属链斗和流沙管道组成；流沙下落进入储沙室后由动力装置带动金属链条和金属链斗通过流沙管道将流沙提升至顶部的流沙导流器；或设置电葫芦提升装置；

[0015] 10)所述动力发电装置是开式或闭式布雷顿循环热发电装置，或郎肯循环热发电装置；布雷顿循环热发电装置包括流沙热交换器、补热器、涡轮机、燃烧室、乏气换热器、压气机、发电机、冷凝散热器、气体储罐；空气进、出口；动力工质；优选地，在光照充足时，经压缩的动力工质气体经流沙热交换器升温成超临界气体进入涡轮机膨胀做功，排出的高温乏气进入补热器，经补热器进入冷凝散热器，冷凝后的动力工质气体经压气机进入补热器补热，经压缩和补热的动力工质气体再次进入流沙热交换器，实现布雷顿热发电循环；无光照或光照不足时动力工质气体转换进入储热装置继续保持发电状态；或开启生物质气阀门和空气进口，令开式布雷顿循环热发电装置运行燃气布雷顿循环热发电模式；排出的高温乏气进入流沙热交换器、或储热装置放热后排出至大气，实现布雷顿动力循环双模式共同运行；

[0016] 11)所述动力发电装置上的冷凝散热器冷凝端进出口分别连接有机郎肯热发电装置或溴化锂空调机组的热交换器进出口，或由溴化锂空调机组完全替代冷凝散热器作为冷凝换热终端；或在涡轮机出气口端专门设置乏气换热器连接有机郎肯热发电装置，以实现太阳能热能梯级利用；

[0017] 12)所述动力工质为空气、或二氧化碳气、或氮气、或一氧化氮气、或氦气、或烷烃类气体；或生物质气化气、沼气；或天然气、可燃冰气或液化石油气；或醇类燃料如甲醇、乙醇、二甲醚；或燃油如柴汽油、煤油、重油。

[0018] 2、多模式塔式太阳能热发电装置包括定日镜聚光阵列、太阳能接收塔、太阳能接收器、动力工质、金属换热管、动力发电装置；聚光阵列和发电控制装置，空气冷却装置，有机朗肯发电装置、溴化锂空调机组；在此模式下，太阳能接收器连接动力发电装置；经压缩的动力工质经太阳能接收器金属换热管换热进入以闭式超临界布雷顿循环原理工作的动力发电装置膨胀做功；动力发电装置上的冷凝散热器冷凝一侧连接空气冷却装置或有机朗肯发电装置；定日镜聚光阵列围绕太阳能接收塔布置；该模式适合建立小型分布式电站；

[0019] 1)所述太阳能接收器包括陶瓷型砖，涂覆耐高温隔热涂料的保温材料，金属换热管，用来固定太阳能接收器的金属框架；该模式的关键是在陶瓷型砖中心插装金属换热管；方式有三种，一种是将金属换热管直接插装在陶瓷型砖的管道内；第二种是在陶瓷型砖接收光辐照一面开口，开口宽度等于或小于金属换热管外径；在组装太阳能接收器时将金属换热管顺序、垂直插装在陶瓷型砖的管道内；三是将金属换热管制做成与陶瓷型砖管道对应的“之”字形状安装或插入陶瓷型砖；金属换热管采用串联、或并联方式；

[0020] 2)所述金属换热管为耐高温、耐高压、耐腐蚀的镍基高温合金管，或选择超超临界用高温合金锅炉管；在金属换热管外涂覆热吸收涂层；管内壁设置若干突起或凹进的螺旋槽线、或选择内翅片金属传热管；

[0021] 3)所述涂覆耐高温隔热涂料的保温材料被覆固定在太阳能接收器陶瓷型砖背面，以减少对流热损失。

[0022] 3、多模式塔式太阳能热发电装置包括定日镜聚光阵列、太阳能接收塔、太阳能接收器、聚光阵列和发电控制装置，流沙热交换器、动力工质、储热装置、储气罐；燃气燃油锅炉，开式、或闭式布雷顿循环热发电装置；空气进口；生物质气发生装置、有机朗肯发电装置、溴化锂空调机组；选择太阳能和生物质能互补布雷顿动力发电技术，一是生物质能与流沙传热塔式太阳能热发电技术互补；二是生物质能与塔式太阳能接收器直接传热模式互补；三是太阳能和生物质能同时做功发电；四是关闭太阳能系统，仅依赖生物质能发电；

[0023] 选择太阳能和生物质能互补是源于可再生能源普遍存在不稳定、不连续、能源密度低等客观事实，只有通过优势互补、取长补短才能有效延长发电时数，在技术上创造和化石能源竞争的条件；针对第一种情况可以选择两种技术措施，一是单独设立一个燃气燃油锅炉，燃气管道连接燃烧室的燃气喷嘴进口；燃气燃油锅炉的换热端与流沙热交换器气体进出口端并联连接；或燃气燃油锅炉串联在流沙热交换器和涡轮机之间；二是对布雷顿循环热发电装置进行改进，使其成为同轴、且开式燃气布雷顿循环和闭式超临界布雷顿循环共同做功的一体化布雷顿循环动力发电装置；或根据动力工质的性质，开式布雷顿循环热发电选择生物质气，而闭式超临界布雷顿循环热发电优先选择二氧化碳气、或一氧化氮气为动力工质。第二种情况，布雷顿循环热发电装置上的涡轮机进气口和补热器出口连接太阳能接收器进出口，燃气燃油锅炉并联或串联其间；上述两种情况如太阳能充足则关闭生物质气阀门，太阳能不足或没有光照则关闭太阳能管路，开启生物质气阀门和燃气燃油锅炉；第三种情况，有光照但不很充足则选择双能源同时做功发电；第四种情况在太阳能光照长期不足则关闭太阳能管路，完全依靠生物质气发电；生物质气发生装置气体出口或储气罐气体出口通过控制阀门连接布雷顿循环涡轮机燃烧室的燃气喷嘴进口，或连接燃气燃油锅炉燃气喷嘴进口；燃气燃油锅炉排气口连接流沙热交换器的流沙进口，燃气燃油锅炉燃烧的高温气经排气口进入流沙热交换器为闭式超临界布雷顿动力发电装置提供热源；或燃

气燃油锅炉排气口连接储热装置,经储热装置循环放热后排至大气。

[0024] 1)为实现热能梯级利用,布雷顿循环热发电装置上的冷凝散热器冷凝一侧的进出口连接有机郎肯热发电装置,或由溴化锂空调机组完全替代冷凝散热器作为冷凝换热终端;或在涡轮机出气口端专门设置乏气换热器,涡轮机排出的乏气经乏气换热器进入补热器;乏气换热器另一端连接有机郎肯热发电装置;储热装置接入热动力工质循环回路,发挥太阳能热发电的储能优势;

[0025] 2)所述动力工质为空气、或二氧化碳气、或氮气、或一氧化氮气、或氦气、或烷烃类气体;或生物质气化气、沼气;或天然气、可燃冰气或液化石油气;或醇类燃料如甲醇、乙醇、二甲醚;或燃油如柴汽油、煤油、重油;

[0026] 3)所述储气罐是用来储存二氧化碳气、或氮气、或一氧化氮气、或氦气、或烷烃类气体;生物质气化气、沼气、天然气、可燃冰气的储气容器;或改为储液罐,储存醇类燃料或燃油;

[0027] 4)所述生物质气发生装置是指生物质气化发生装置,或沼气发生装置;或用天然气、液化石油气供气装置替代;

[0028] 5)在太阳能与生物质气互补发电模式下,光照充足时选择太阳能超临界布雷顿循环发电;无光照或储热温度低于一定值时选择生物质气在燃气燃油锅炉内为动力工质提供外燃高温热源;

[0029] 6)所述动力发电装置为开式燃气布雷顿循环和闭式超临界布雷顿循环同轴紧密连接、共同做功的一体化布雷顿循环动力发电装置,主要包括同轴的用于开式和闭式工况的两组压气机、涡轮机;补热器、冷凝器分别设置或共用一组;太阳能运行闭式超临界布雷顿循环,生物质气运行开式布雷顿循环;两种布雷顿循环气密分割,或设置同轴离合器,既可共同运行,也可独立运行;或设置两套独立的布雷顿循环热发电装置;一套为开式燃气布雷顿循环热发电装置,另一套为闭式超临界布雷顿循环热发电装置,两套布雷顿循环热发电装置分别独立运行;在无光照时,开启开式燃气布雷顿循环热发电装置替代超临界布雷顿循环热发电运行;为充分利用燃气热能,开式布雷顿循环热发电装置的涡轮机出口通过补热器连接流沙热交换器的流沙管道进口,即高温燃气乏气需经由流沙热交换器的流沙管道排至大气;或燃气涡轮机出口通过补热器连接储热装置,通过在储热装置放热排气的过程为闭式超临界布雷顿循环提供热源;或采用太阳能重整生物质气和二氧化碳工艺技术,产出的合成气经储气罐供开式布雷顿循环动力发电;

[0030] 7)所述空气进、出口是专为布雷顿循环热发电装置在单独使用生物质气燃气发电时设置的;采用开式燃气布雷顿循环发电方式则开启空气进口;采用闭式布雷顿循环热发电方式则关闭空气进口;

[0031] 8)在生物质气独立发电模式中,选择开式布雷顿循环发电方式;经压气机压缩的空气与生物质气混合后进入燃烧室燃烧,燃气进入涡轮机膨胀做工;涡轮机排出的高温乏气经补热器后直接送入乏气换热器经换热驱动有机郎肯热发电装置,再送溴化锂空调机组排出机外;或涡轮机排出的高温乏气进入补热器后直接送入溴化锂空调机组,经溴化锂空调机组排至机外;压气机通过空气进口吸入空气压缩后顺序进入补热器、涡轮机,开始新的开式布雷顿循环热发电;或开启燃气燃油锅炉,由生物质气或其它动力工质在燃气燃油锅炉内燃烧为闭式超临界布雷顿循环热发电装置提供热源;

[0032] 9)所述储热装置是指熔盐储热装置或陶瓷蜂窝储热装置,均采用单罐储热技术;其中熔盐储热装置包括罐体、储热换热器、换热管、熔盐、固体储热介质及容器、传输管道;其中储热换热器置于罐体内,采用耐腐蚀、耐高温合金金属,或特种陶瓷制作;储热换热器的换热管为高温合金金属或特种陶瓷管;换热管为波节管、或管外侧带翅片的强化换热管;固体储热介质及容器是为减少熔盐使用量,提高储热效率设置;固体储热介质选择石英、或玻璃、或陶瓷、或石墨,和熔盐共同组成储热介质;固体储热容器采用特种陶瓷制作,为圆柱箱体,长方箱体,环形箱体,固体储热容器外壁设熔盐液体流通孔洞,孔洞直径以小于固体储热介质为限;固体储热容器与换热管交错布置有利于强化换热效果;陶瓷蜂窝储热装置包括罐体、陶瓷蜂窝蓄热体,换热管;换热管一端为进气口另一端为出气口;陶瓷蜂窝蓄热体主要由特种陶瓷、普瓷、堇青石、莫来石、刚玉莫来石、氧化铝、钛酸铝、锂辉石、磷酸锆钠、锆英石、锆铬刚玉材质制作;陶瓷蜂窝蓄热体与换热管交错排列,确保高温气流通畅,换热效率高;陶瓷蜂窝储热装置内也可填充熔盐;储热装置或为开式布雷顿循环热发电装置设立独立的燃气循环换热管道。储热装置为开式布雷顿循环热发电装置排气,或为燃气燃油锅炉高温排气设立独立的循环放热排气管道。

[0033] 本发明新颖之处在于,采用流沙作为储热传热介质其原料来源广泛,具有储热温度高、热阻小的特点,比专门制作球状颗粒成本要低,更不存在类似于DSG直接蒸汽、导热油、熔盐等传热工质存在的体积膨胀、高温气化、压力大、热损失大和凝固点高等弊端;首创的太阳能接收器采用特种陶瓷制作成型砖,且砖体自身预设流沙管道或专用的陶瓷强化传热管道,或包覆金属换热管道等措施,进一步适应了塔式太阳能所特有的高聚光比、高能流密度,但光照不稳定、不均匀的客观要求。这一改进是对传统塔式太阳能“腔式”接收器、碳化硅泡沫空气吸热器、金属排管式蒸汽或熔盐接收器,以及窗式颗粒自由落体吸热器等技术的突破;其次是采用特种陶瓷构筑太阳能接收器受热墙体,可增大热辐射吸收面积,减少对流热损失,有利于克服现有固体颗粒自由落体接收器存在的弊端;再次是选择超临界布雷顿循环热发电,以及采用生物质能同其互补发电,既保留了传统超临界布雷顿循环热发电的优势,又可进一步提高发电效率;第四是采用低成本单罐跃层储热技术,对储热罐内部设施进行改进,可有效降低储热设备建造成本。第五是将适合低温工况的有机朗肯热发电装置接入系统,或将溴化锂空调机组接入系统替代冷凝器以实现梯级高效热循环利用。总之,通过对太阳能接收器的改进以及应用互补和储热等新技术,可有效延长发电时数,为实现平价发电,替代化石能源发电创造条件。本装置可实现模块化设计和布局,即可建立小型太阳能热发电站,也可建立规模化太阳能热发电站。本发明塔式太阳能接收器同样适用熔盐为传热介质的塔式太阳能朗肯循环蒸汽动力发电装置。互补气体除生物质气外也适用天然气。

附图说明

[0034] 图1是本发明塔式太阳能流沙储热传热发电示意图

[0035] 图2是本发明塔式太阳能布雷顿热发电示意图

[0036] 图3是本发明陶瓷型砖示意图

[0037] 图4是本发明陶瓷型砖之字形流沙管道示意图

[0038] 图5是本发明陶瓷型砖开口示意图

[0039] 图6是本发明陶瓷流沙热交换器端盖示意图

[0040] 图7是本发明陶瓷型砖方形流道示意图

[0041] 图8是本发明陶瓷太阳能接收器示意图

[0042] 图9是本发明一体化开式与闭式布雷顿循环发电示意图

[0043] 图10是本发明太阳能与燃气燃油锅炉互补示意图

[0044] 其中:1定日镜聚光阵列、2太阳能接收塔、3太阳能接收器、4流沙、5流沙导流器、6流沙储热室、7流沙管道、8储沙室、9流沙提升装置、10金属换热管、11陶瓷型砖、12陶瓷换热管、13布雷顿循环热发电装置、14压气机、15补热器、16流沙热交换器、17冷凝散热器、18有机郎肯热发电装置、19溴化锂空调机组、20保温材料、21流沙端盖、22太阳能辐照窗、23金属框架、24涡轮机、25空气冷却装置、26生物质气发生装置、27储气罐、28隼槽、29乏气换热器、30储热装置、31陶瓷流沙端盖、32流沙控制器、33陶瓷型砖翅片、34燃气燃油锅炉、35燃烧室

具体实施方式

[0045] 方案1

[0046] 本发明的关键是制作太阳能接收器3,太阳能接收器3基体由陶瓷制作成带管道的型砖11,为便于太阳能接收器整体安装,在陶瓷型砖11左右以及上下两端均设立便于整体插装固定的连接隼和隼槽;在陶瓷型砖11中心设置流沙管道7;流沙管道7有两种,一种是流沙管道7设置在陶瓷型砖11中间;流沙管道7或垂直、或倾斜设置;上下相邻的陶瓷型砖11的管道口对应设置,陶瓷型砖上下连接后流沙管道成“之”字状;第二种是在陶瓷型砖11预留的管道内安装陶瓷换热管12或金属换热管10;为有利于陶瓷换热管12吸热,在陶瓷型砖11面对定日镜光辐照受热的一端开口,让换热管适当暴露,开口宽度或等于、或小于陶瓷换热管12、或金属换热管10外径;在陶瓷换热管12或金属换热管10管外涂覆热吸收涂层;在组装太阳能接收器3时将陶瓷换热管12或金属换热管10顺序、垂直插装在陶瓷型砖11的流沙管道7内;陶瓷换热管12或金属换热管10制作成与“之”字状对应的弯曲形状;陶瓷换热管12两端设置连接螺旋槽口或卡口;陶瓷换热管12或金属换热管10内壁设置若干突起或凹进的螺旋槽线或翅片。在低纬度地区,太阳能接收器3在塔身顶部呈圆周设置,用于圆周安装的陶瓷型砖11具有一定弧度;在纬度稍高的地区,太阳能接收器3设置在塔身顶部一侧太阳能辐照窗22内;涂覆耐高温隔热涂层的保温材料20紧贴固定陶瓷型砖11墙体背面,防止内外空气对流起隔热保温作用;用来固定太阳能接收器3的金属框架安装在太阳能接收塔2的塔顶。

[0047] 将流沙导流器5、流沙储热室6、流沙热交换器16、储沙室8、流沙提升装置9设置于太阳能接收塔2塔身内;太阳能接收器3位于太阳能接收塔2顶部,太阳能接收器3管道上端连接流沙导流器5,下端连接流沙储热室6;流沙4经太阳能接收器3加热后进入流沙储热室6,流沙储热室6下端连接流沙热交换器16进口,流沙4经流沙热交换器16进入储沙室8;储沙室8设置流沙提升装置9;流沙提升装置9将流沙4提升到太阳能接收塔2顶部的流沙导流器5,经流沙导流器5再次进入太阳能接收器3完成传热循环。

[0048] 流沙热交换器16的气体工质进出口分别连接动力发电装置13的涡轮机24进气口和补热器15一端的出气口;动力发电装置13上的冷凝散热器17冷凝端进出口连接有机郎肯热发电装置13,实现梯级发电;或由溴化锂空调机,19直接替代冷凝散热器17,同时提供热

水或冷水;定日镜聚光阵列1围绕太阳能接收塔2布置。

[0049] 方案2

[0050] 太阳能接收器3与布雷顿循环热发电装置13实行一体化设计;二氧化碳气直接进入太阳能接收器3的金属换热管10换热;太阳能接收器3进出端口分别连接布雷顿循环热发电装置13涡轮机24进气口和补热器15出口;布雷顿循环热发电装置13上的冷凝散热器17冷凝一侧的进出口连接空气冷却装置25。

[0051] 方案3

[0052] 前述两种太阳能热发电技术方案与生物质气互补的流程如:布雷顿循环热发电装置13上的涡轮机24进气口和补热器15出口连接流沙热交换器16气体进出口;布雷顿循环热发电装置13上的冷凝散热器17冷凝一侧的进出口连接空气冷却装置25进出口,生物质气发生装置26气体出口或储气罐27气体出口通过控制阀门连接布雷顿循环涡轮机24燃气进口。

[0053] 另如太阳能接收器3进出口端分别连接布雷顿循环热发电装置13涡轮机24进气口和补热器15出口;生物质气发生装置26或储气罐27气体出口连接布雷顿循环涡轮机24的燃气进口。冷凝散热器17冷凝一侧的进出口连接有机郎肯热发电装置18,或连接溴化锂空调机组,或空气冷却器25。

[0054] 方案4

[0055] 在生物质气独立发电模式中,生物质气在涡轮机24燃烧室膨胀做工,排出的高温气体直接送入溴化锂空调机组19,经冷凝的气体再经补热器15然后排至机外;新吸入的空气则进入压气机14再入补热器15至涡轮机24开始新的布雷顿循环热发电。

[0056] 方案5

[0057] 单独设立一个燃气燃油锅炉34,燃气管道连接燃烧室的燃气喷嘴进口;燃气燃油锅炉34的换热端与流沙热交换器16气体进出口端并联连接;或燃气燃油锅炉34串联在流沙热交换器16和涡轮机24之间。

[0058] 方案6

[0059] 布雷顿循环热发电装置13上的涡轮机24进气口和补热器15出口连接太阳能接收器3进出口,燃气燃油锅炉34并联或串联其间;上述两种情况如太阳能充足则关闭生物质气阀门,太阳能不足或没有光照则关闭太阳能管路,开启生物质气阀门。

[0060] 方案7

[0061] 对布雷顿循环热发电装置13进行改进,使其成为同轴、且开式燃气布雷顿循环和闭式超临界布雷顿循环共同做功的一体化布雷顿循环动力发电装置13;根据动力工质的性质,生物质气选择开式布雷顿循环发电,而超临界动力工质选择闭式布雷顿循环发电,在开式布雷顿循环的生物质燃气涡轮机24乏气出口通过控制阀连接流沙热交换器16的流沙管道7进口,即高温燃气乏气经流沙热交换器16的流沙管道7排至储沙室8或转至大气,同时为闭式超临界布雷顿循环提供热源。

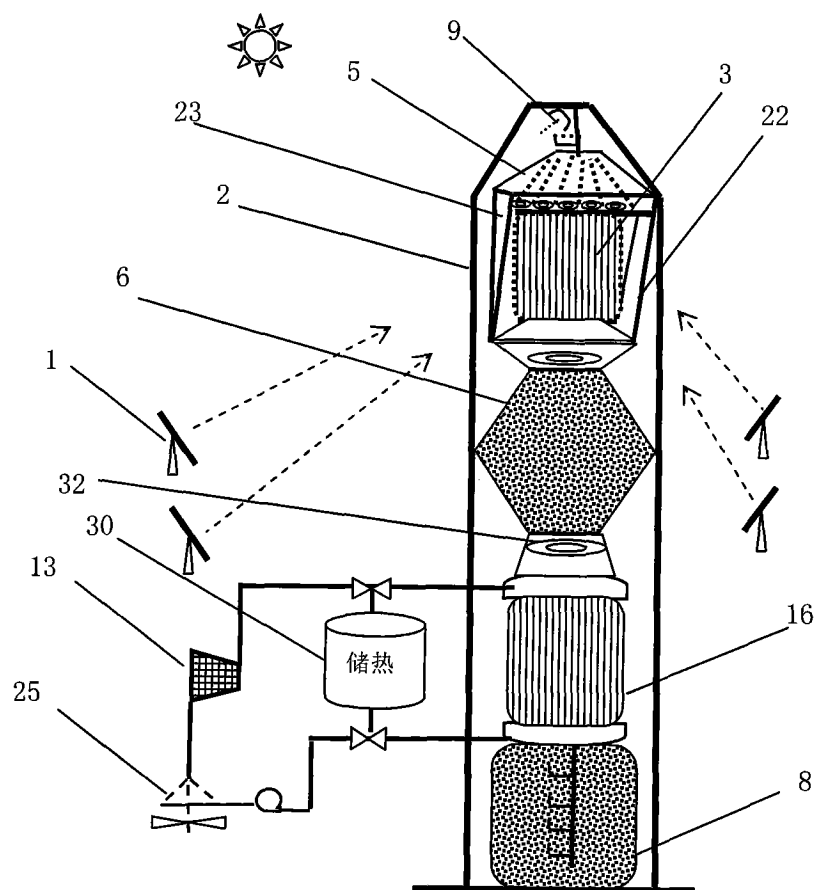


图 1

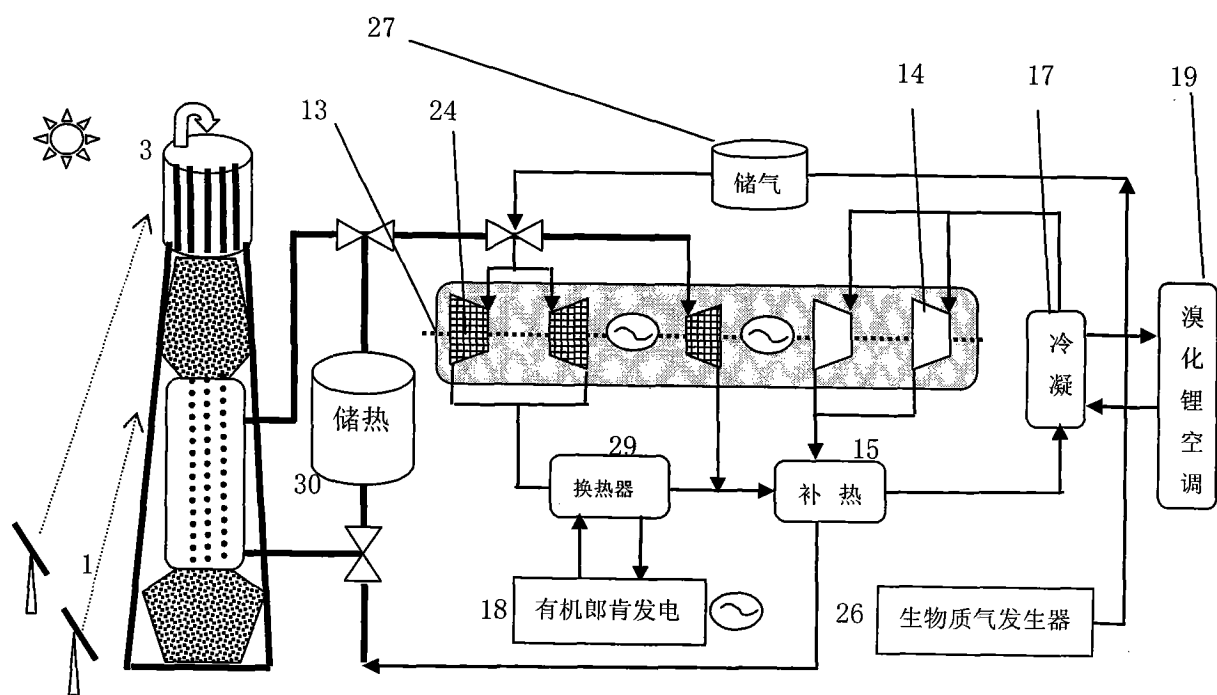


图2

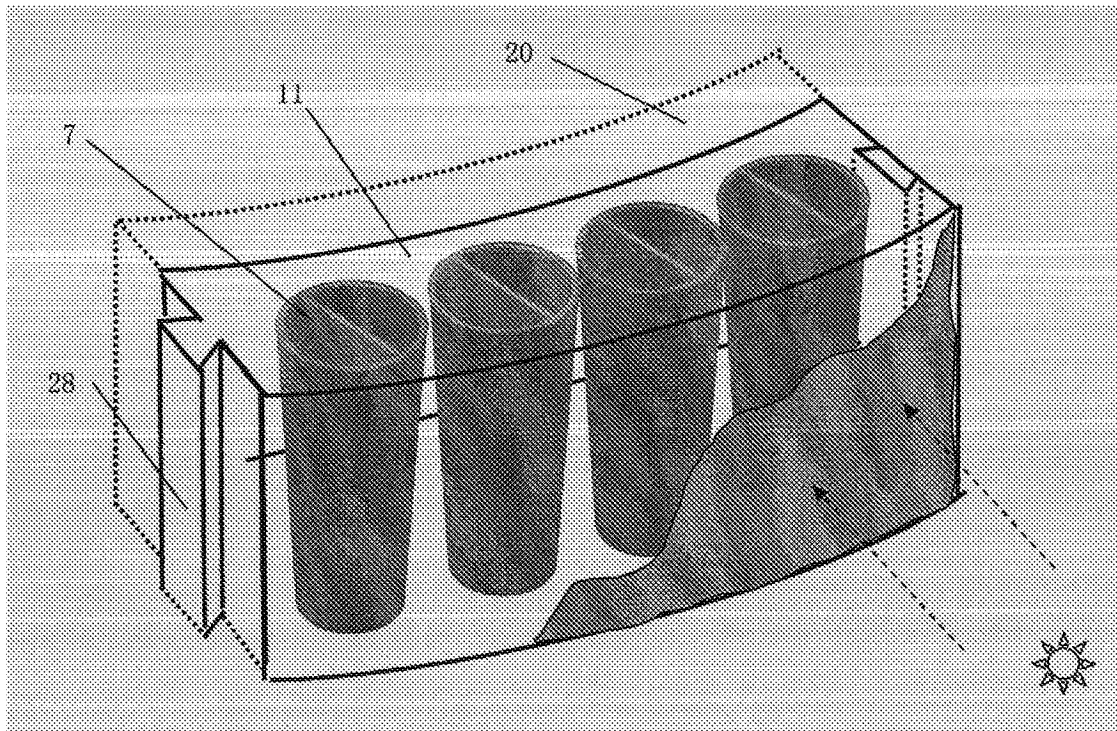


图3

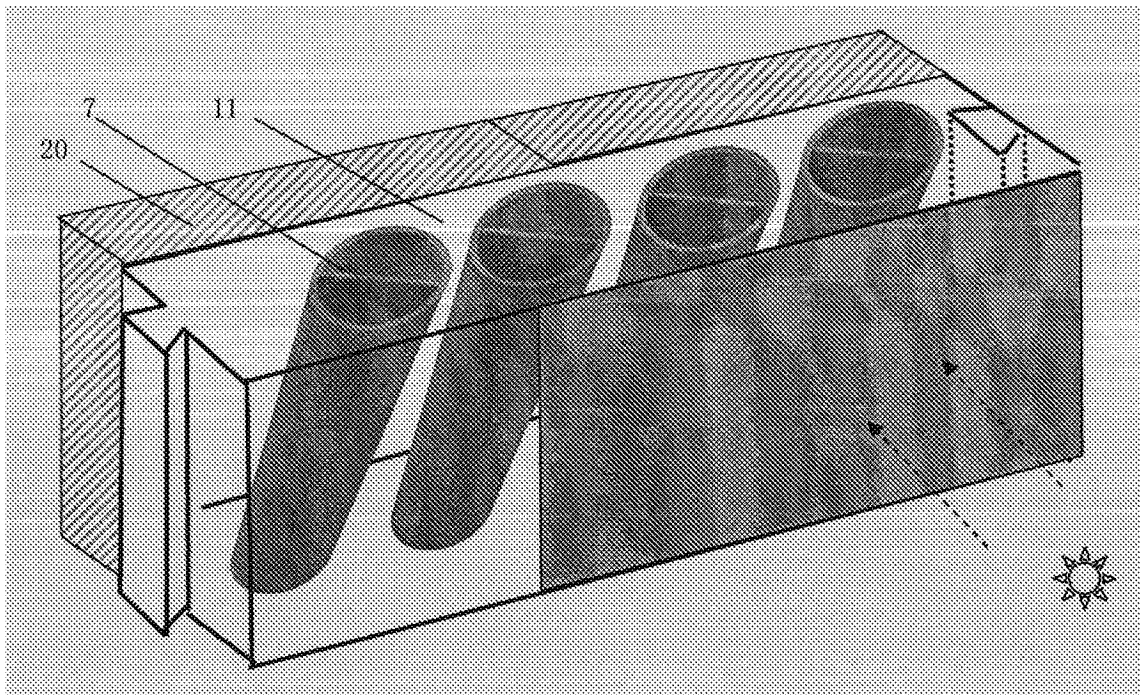


图4

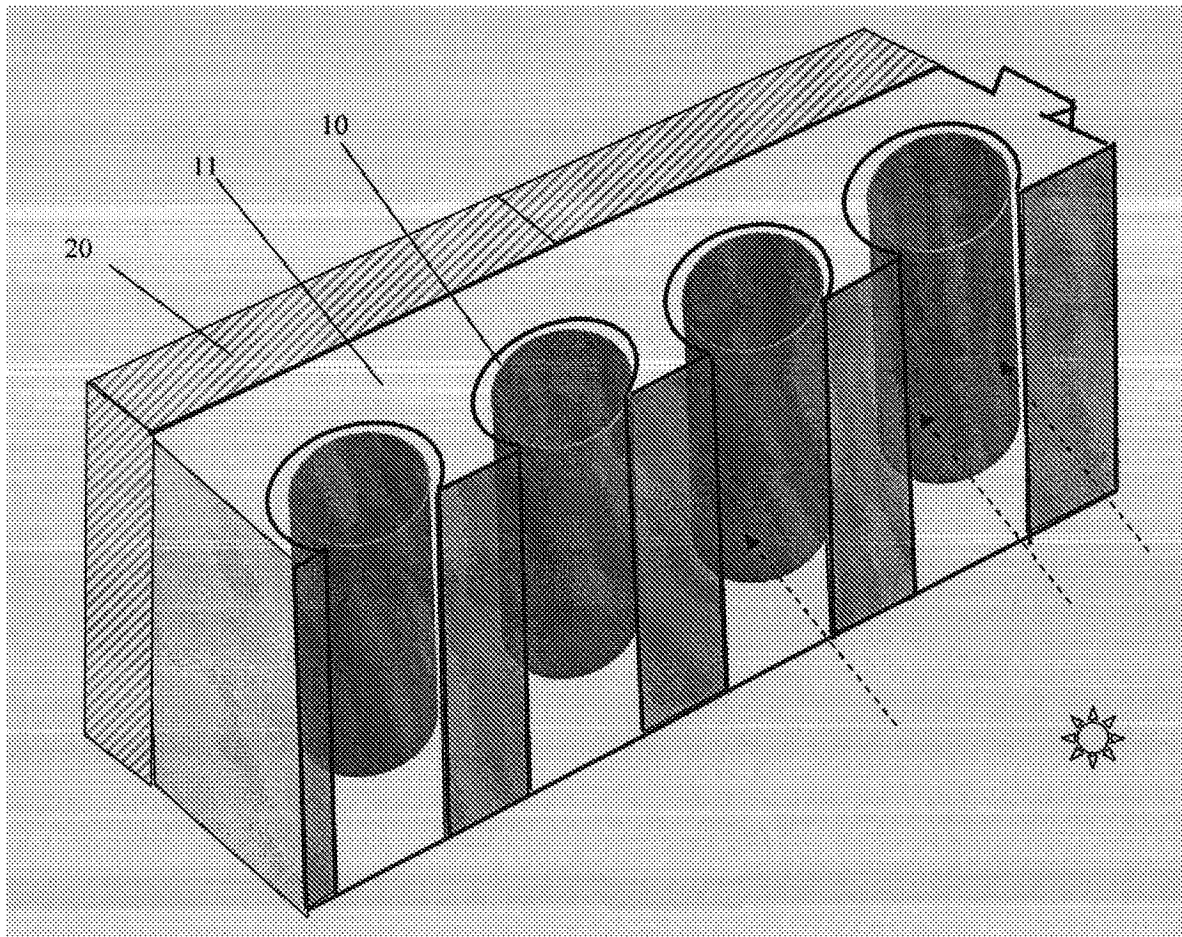


图5

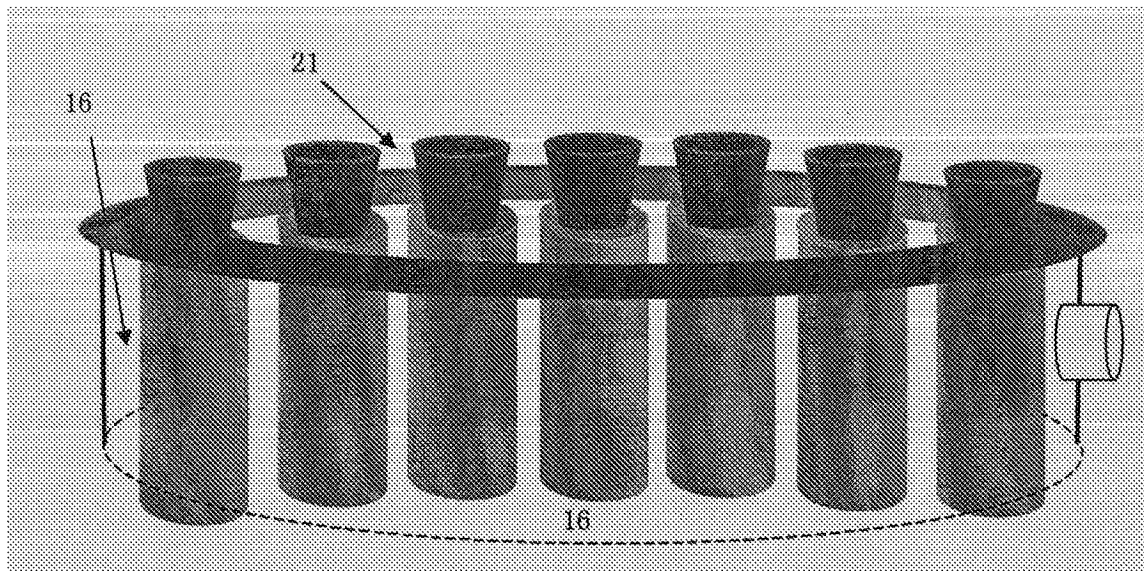


图6

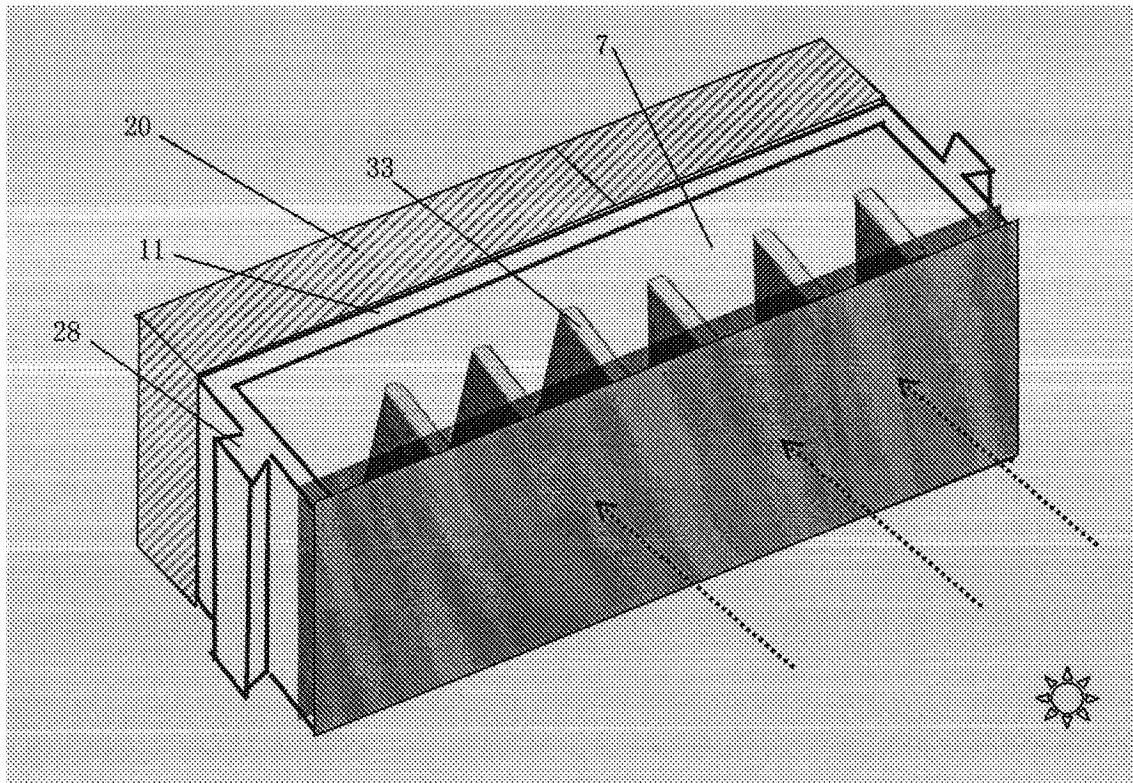


图7

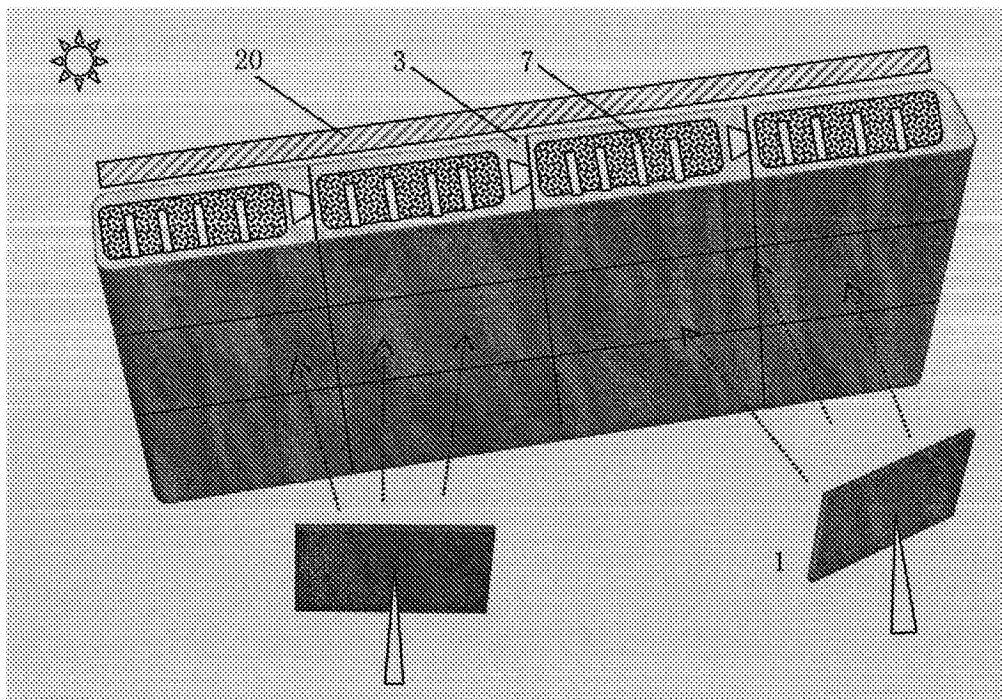


图8

