



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103790792 B

(45)授权公告日 2018.02.06

(21)申请号 201410056020.0

第2段-第5页.

(22)申请日 2014.02.19

CN 101852193 A, 2010.10.06, 说明书第0011, 0023-0026段.

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103790792 A

审查员 王萌

(43)申请公布日 2014.05.14

(73)专利权人 赖泽民

地址 610000 四川省成都市金牛区金琴路26号1栋1单元6号

(72)发明人 赖泽民

(51)Int.Cl.

F03G 6/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 102242698 A, 2011.11.16, 说明书第0014段.

CN 101307751 A, 2008.11.19, 说明书第2页

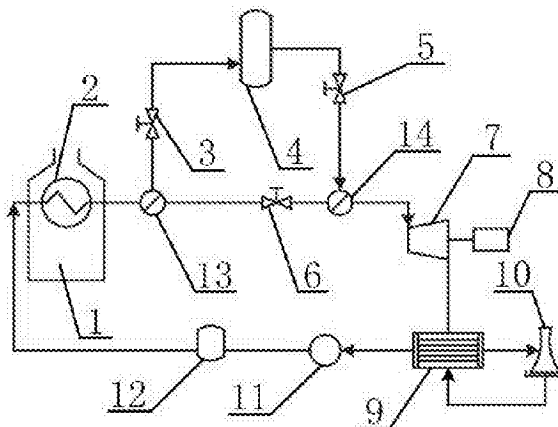
权利要求书1页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

聚光太阳能水储热发电系统

(57)摘要

本发明公开了一种聚光太阳能水储热发电系统,解决现有技术的太阳能大多被浪费,无法储存太阳能,以及不能合理利用的问题。本发明包括带进水口和出水口的热交换器、汽轮机、发电机、凝汽器、冷却塔、给水泵、循环水箱、储热罐,以及用于为热交换器提供热源的太阳能集热器。本发明为聚光太阳能发电提供了系统、完整、可靠和实用的解决方案。本发明解决了聚光太阳能发电技术中的储热问题,使系统稳定、全天候发电,并充分利用夜晚、阴雨天及全天候太阳辐射的热能。



1. 聚光太阳能水储热发电系统,其特征在于,包括带进水口和出水口的热交换器(2)、汽轮机(7)、发电机(8)、凝汽器(9)、冷却塔(10)、给水泵(11)、循环水箱(12)、储热罐(4),以及用于为热交换器提供热源的太阳能集热器(1);所述系统的储热介质为水,所述储热罐储存的蒸汽温度为400℃,压力为30MPa;所述热交换器出水口通过第一三通管(13)与储热罐相连,储热罐通过第二三通管(14)与汽轮机相连,汽轮机分别与发电机和凝汽器相连,凝汽器分别与冷却塔和给水泵相连,给水泵与循环水箱相连,循环水箱还与热交换器的出水口相连;所述第一三通管与储热罐之间设有储热罐进口调节阀(3),储热罐与第二三通管之间设有储热罐出口控制阀(5),第一三通管与第二三通管之间设有汽轮机主汽阀(6);所述热交换器与第一三通管之间还依次设有汽水分离器(17)、蒸汽过热器(18);所述汽水分离器与热交换器相通,所述蒸汽过热器设置于太阳能集热器上,且与第一三通管连通。

2. 根据权利要求1所述的聚光太阳能水储热发电系统,其特征在于,所述第一三通管与汽轮机主汽阀之间还设有第三三通管(15);循环水箱通过设有循环水控制阀(26)的管道与第三三通管相连。

3. 根据权利要求2所述的聚光太阳能水储热发电系统,其特征在于,所述汽轮机为双缸汽轮机,分为汽轮机高压缸和汽轮机低压缸;所述第二三通管与汽轮机高压缸相连,凝汽器与汽轮机低压缸相连;所述太阳能集热器上还设有带进口和出口的太阳能再热器(16),其进口与汽轮机高压缸相连,出口与汽轮机低压缸相连。

4. 根据权利要求1所述的聚光太阳能水储热发电系统,其特征在于,所述汽水分离器与循环水箱通过设有循环加热止回阀(19)的管道相连。

5. 根据权利要求1所述的聚光太阳能水储热发电系统,其特征在于,所述汽轮机为双缸汽轮机,分为汽轮机高压缸和汽轮机低压缸,所述第二三通管与汽轮机高压缸相连;所述汽水分离器与循环加热止回阀之间还设有第四三通管(20);所述第四三通管与汽轮机低压缸之间还依次连接有饱和水入口控制阀(21)、饱和水储热罐(22)、蒸汽扩容器(23)、扩容器蒸汽出口控制阀(24),其中饱和水入口控制阀与第四三通管连通,扩容器蒸汽出口控制阀与汽轮机低压缸相连;所述蒸汽扩容器还通过设有扩容器饱和水出口控制阀(25)的管道与循环水箱连通。

聚光太阳能水储热发电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种聚光太阳能水储热发电系统。

背景技术

[0002] 在日常生活中,大约40分钟照射在地球上的太阳能,足以供全球人类一年能量的消费,是真正取之不尽、用之不竭的清洁能源。太阳能发电是利用太阳能最重要的方式之一,具有以下特点:①无枯竭危险;②绝对干净(无公害);③不受资源分布地域的限制;④可在用电处就近发电;⑤能源质量高;⑥使用者从感情上容易接受;⑦获取能源花费的时间短。随着清洁能源革命的到来,太阳能发电已引起世界各国的高度重视。

[0003] 太阳能发电分为太阳能光电转换和热电转换两种方式。光电直接转换发电又称为光伏发电。热电转换的基本原理是采用太阳能聚光技术,将太阳能聚集在一个有限面积上,使太阳能的温度达到400℃以上,再将热能传递给水,并产生蒸汽,用蒸汽推动汽轮机发电。因此,这种发电方式又称为聚光太阳能发电。

[0004] 太阳能光伏发电是目前太阳能发电的主要方式。这种方式有以下两个主要缺点:

[0005] 第一、光电转换发电系统造价昂贵,达到每千瓦10万元左右。这是目前光伏发电重要的阻碍因素之一。

[0006] 第二、光伏发电的能源转换效率较低。我国光伏发电的能源转换效率在10~15%左右,生产每吨多晶硅的电耗高达20万千瓦时左右,综合能耗高达80公斤标煤左右。因此,多晶硅产业又是一个高耗能产业。为此,2013年国家颁布了《国务院关于促进光伏产业健康发展的若干意见》,提出:“光伏制造企业应拥有先进技术和较强的自主研发能力,新上光伏制造项目应满足单晶硅光伏电池转换效率不低于20%、多晶硅光伏电池转换效率不低于18%、薄膜光伏电池转换效率不低于12%、多晶硅生产综合电耗不高于100千瓦时/千克。”

[0007] 正是由于光伏发电的这些弊病,太阳能发电产业再次把重心转移到了太阳能热电转换方面。聚光太阳能发电系称为太阳能发电新的发展方向。国际能源(IEA)下属的AolarPACES、欧洲太阳能热能发电协会(ESTELA)和绿色和平组织最保守的估计认为CSP到2030年在全球能源供应份额中将占3%~3.6%,到2050年占8%~11.8%,这意味着在未来5~10年内聚光太阳能发电年增长率将达到17%~27%。聚光太阳能发电仍然存在两大技术难题:

[0008] 第一、天气对发电的影响。由于昼夜、季节、天气乃至每天的不同时刻都对太阳能辐射的影响很大。对于光伏发电而言,太阳能辐射强度仅仅能够影响发电功率的太小,而不会导致发电停止。但对于聚光太阳能发电而言,当太阳能辐射强度小到一定的时间,太阳能就不足以使水产生蒸汽,从而导致发电停止。因此,聚光太阳能发电很不稳定,发电时间很短。据初步估计,平均不到每天的1/3。

[0009] 第二、聚光太阳能发电的能源转换效率仍然是一个很大的问题。一方面由于发电系统大部分时间不能运行,浪费了大量太阳能;另一方面,由于系统的热负荷受到季节和天气的硬性,导致系统大部分时间处于非正常工况运行,这也使发电效率大幅度降低。

[0010] 正是这两大技术难题,使得聚光太阳能发电的市场份额远远低于光伏发电。甚至在我国聚光太阳能发电还基本上处于空白,还需要从零开始发展。

[0011] 由于存在上述问题,关于太阳能储热的技术应运而生,目前大多数储热技术均是采用固体进行储热。然而这种储热方法仍存在以下缺陷:

[0012] (1) 储热量有限。通常情况下,固体的比热都很低。比如,最好的固体储热材料是石蜡,其比热容为 $0.511\sim 0.693\text{J/g}\cdot\text{K}$,相当于水的比热的 $0.5\sim 0.7$ 。石蜡的溶化热为 $200\sim 220\text{J/g}$,大约相当于水的气化潜热的 8% ,相当于 7 公斤标煤的热量。石蜡的密度为 0.9g/cm^3 ,每吨石蜡的熔解储热为 $2\sim 2.2\times 10^5\text{kJ}$,每立方米石蜡大约为 $2.33\times 10^5\text{kJ}$ 。因此,固体储热并不能解决大容量储热问题。

[0013] (2) 固体储热传热很慢。以传导性很很好的钢为例,其液态导热系数大约为 $50\text{w/m}\cdot\text{K}$,当导热厚度为 0.5m ,温差为 500°C ,传热面积为 1m^2 时,传热能力仅为 12.5kW 。对于非金属、大容量的固体容积,其导热能力远远低于这一数字。固体储热的这一特征不仅导致加热很慢,而且取热也很慢。很显然,对于储热功率达到几兆瓦,甚至几十兆瓦的大功率工业储热来说,这种储热方法是不可能满足工业需要的,或者成本非常高昂。

[0014] (3) 不少固体储热介质存在一定的污染、腐蚀等。并且价格都较高,每吨储热介质都在几千元以上。

[0015] 为了解决太阳能产业的储热问题,必须发明一种储热容量很大、传热非常迅速、成本较低的储热系统。

发明内容

[0016] 本发明的目的在于提供一种聚光太阳能水储热发电系统,解决现有技术的太阳能大多被浪费,无法储存太阳能,以及不能合理利用的问题。

[0017] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0018] 聚光太阳能水储热发电系统,包括带进水口和出水口的热交换器、汽轮机、发电机、凝汽器、冷却塔、给水泵、循环水箱、储热罐,以及用于为热交换器提供热源的太阳能集热器;所述热交换器出水口通过第一三通管与储热罐相连,储热罐通过第二三通管与汽轮机相连,汽轮机分别与发电机和凝汽器相连,凝汽器分别与冷却塔和给水泵相连,给水泵与循环水箱相连,循环水箱还与热交换器的出水口相连;所述第一三通管与储热罐之间设有储热罐进口调节阀,储热罐与第二三通管之间设有储热罐出口控制阀,第一三通管与第二三通管之间设有汽轮机主汽阀。

[0019] 进一步地,所述第一三通管与汽轮机主汽阀之间还设有第三三通管;循环水箱通过设有循环水控制阀的管道与第三三通管相连。

[0020] 再进一步地,所述汽轮机为双缸汽轮机,分为汽轮机高压缸和汽轮机低压缸;所述第二三通管与汽轮机高压缸相连,凝汽器与汽轮机低压缸相连;所述太阳能集热器上还设有带进口和出口的太阳能再热器,其进口与汽轮机高压缸相连,出口与汽轮机低压缸相连。

[0021] 作为另一种选择,所述热交换器与第一三通管之间还依次设有汽水分离器、蒸汽过热器;所述汽水分离器与热交换器相通,所述蒸汽过热器设置于太阳能集热器上,且与第一三通管连通。

[0022] 进一步地,所述汽水分离器与循环水箱通过设有循环加热止回阀的管道相连。

[0023] 再进一步地,所述汽轮机为双缸汽轮机,分为汽轮机高压缸和汽轮机低压缸,所述第二三通管与汽轮机高压缸相连;所述汽水分离器与循环加热止回阀之间还设有第四三通管;所述第四三通管与汽轮机低压缸之间还依次连接有饱和水入口控制阀、饱和水储热罐、蒸汽扩容器、扩容器蒸汽出口控制阀,其中饱和水入口控制阀与第四三通管连通,扩容器蒸汽出口控制阀与汽轮机低压缸相连;所述蒸汽扩容器还通过设有扩容器饱和水出口控制阀的管道与循环水箱连通。

[0024] 本发明与现有技术相比,具有以下优点及有益效果:

[0025] (1) 聚光太阳能发电产业在我国还处于非常初始的阶段,还没有形成一套系统的技术方案;本发明为聚光太阳能发电提供了系统、完整、可靠和实用的解决方案。

[0026] (2) 本发明解决了聚光太阳能发电技术中的储热问题,使系统稳定、全天候发电,并充分利用夜晚、阴雨天及全天候太阳辐射的热能。

[0027] (3) 本发明的发电效率很高。目前光伏发电的效率约为20%左右,本发明的超临界发电系统的最高效率可达40%,比光伏发电效率高一倍左右;本发明的亚临界发电系统的热能转换效率可达30%,比光伏发电的效率50%左右;因此本发明实施以后将对太阳能发电产业产生重大影响。

[0028] (4) 本发明非常节能。光伏发电系统的自耗电很高,特别是多晶硅生产需要消耗大量能源。现有的国内水平每吨多晶硅的能耗指标高达70~90吨标煤,每吨多晶硅耗电达到15~20万千瓦时。而本发明提供的太阳能发电技术对基础材料和设备是传统产品,没有特殊要求,不需要消耗大量能源。

[0029] (5) 本发明用水作为储热的介质,无污染、环保、安全可靠。

附图说明

[0030] 图1为本发明-实施例1的结构示意图。

[0031] 图2为本发明-实施例2的结构示意图。

[0032] 图3为本发明-实施例3的结构示意图。

[0033] 图4为本发明-实施例4的结构示意图。

[0034] 图5为本发明-实施例5的结构示意图。

[0035] 图6为本发明-实施例6的结构示意图。

[0036] 其中,附图中标记对应的零部件名称为:1-太阳能集热器,2-热交换器,3-储热罐进口调节阀,4-储热罐,5-储热罐出口控制阀,6-汽轮机主汽阀,7-汽轮机,8-发电机,9-凝汽器,10-冷却塔,11-给水泵,12-循环水箱,13-第一三通管,14-第二三通管,15-第三三通管,16-太阳能再热器,17-汽水分离器,18-蒸汽过热器,19-循环加热止回阀,20-第四三通管,21-饱和水入口控制阀,22-饱和水储热罐,23-蒸汽扩容器,24-扩容器蒸汽出口控制阀,25-扩容器饱和水出口控制阀,26-循环水控制阀,27-给水控制阀。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明,本发明的实施方式包括但不限于下列实施例。

[0038] 实施例1

[0039] 如图1所示,聚光太阳能水储热发电系统,包括带进水口和出水口的热交换器2、汽轮机7、发电机8、凝汽器9、冷却塔10、给水泵11、循环水箱12、储热罐4,以及用于为热交换器提供热源的太阳能集热器1;所述热交换器出水口通过第一三通管13与储热罐相连,储热罐通过第二三通管14与汽轮机相连,汽轮机分别与发电机和凝汽器相连,凝汽器分别与冷却塔和给水泵相连,给水泵与循环水箱相连,循环水箱还与热交换器的出水口相连;所述第一三通管与储热罐之间设有储热罐进口调节阀3,储热罐与第二三通管之间设有储热罐出口控制阀5,第一三通管与第二三通管之间设有汽轮机主汽阀6。

[0040] 本实施例是发电工质水处于超临界状态完成的储热发电,具体流程为:超过临界压力的蒸汽进入汽轮机将热能转变为机械能,汽轮机带动发电机将机械能转变为电能。从汽轮机排出的低压蒸汽在凝汽器中用冷却塔中的循环水进行冷却凝结成低压饱和水,低压饱和水通过给水泵将水压升高到临界压力22.798MPa以上,并将水送入循环水箱中,再从循环水箱进入置于太阳能集热器中的热交换器进行加热,在热交换器中加热到设计温度后通过汽轮机主蒸汽阀进入汽轮机膨胀做功发电,便完成了一个循环。

[0041] 在白天太阳光充足时,由于产生的蒸汽较多,通过储热罐进口调节阀将一部分高压蒸汽引入储热罐中储存。按照设计要求,白天发电一天,基本上储热罐中的热量能够满足夜晚发电的需求。当夜晚来临,或者遇到阴雨天,断开储热罐进口调节阀和汽轮机主汽阀,打开储热罐出口控制阀,将储热罐中储存的热能送入汽轮机发电。

[0042] 实施例2

[0043] 如图2所示,本实施例与实施例1的区别在于所述第一三通管与汽轮机主汽阀之间还设有第三三通管15;循环水箱通过设有循环水控制阀26的管道与第三三通管相连。

[0044] 本实施例与实施例1相比还具有在阴天、雨天和夜晚仍然可以发电的功能。原因在于:由于阴天、夜晚,甚至极寒天气,空气仍然在辐射热量。因此,在任何时候太阳能集热器都有部分热能产生。如果没有储热系统,这部分热能不足以将发电工质加热产生蒸汽,因而传统的聚光太阳能发电系统只能在阳光充足时才能够发电,而在其它时候则不能发电。这一根本缺陷是导致聚光太阳能不能广泛使用的重要原因之一。当有了太阳能储热系统以后,这一缺陷将得到彻底解决,发电系统不仅能够全天候发电,而且能够利用所有太阳能,包括阴天、雨天和夜晚收集的太阳能。本实施例的具体工艺如下:

[0045] 当夜晚和雨天太阳能不充足时,利用储热罐中储存的蒸汽发电。当汽轮机膨胀做功后,低压蒸汽冷却凝结成低压饱和水,经给水泵送入循环水箱中,继续通过热交换器进行加热,加热后的热水达到不到发电要求(此时储热罐进口调节阀和汽轮机主汽阀处于断开状态),热水经循环水控制阀进入循环水箱,再进入热交换器进行循环加热;当循环加热后的热水达到发电要求时再开启储热罐进口调节阀进入储热罐,随后经过储热罐出口控制阀进入汽轮机膨胀做功发电。本实施例的水循环加热设计最大可能地利用了太阳能,并使系统更加稳定。

[0046] 为保证本实施例整个发电系统安全、可靠、高效运行,对各个环节和设备有具体要求,其基本功能如下:

[0047] (1)热能工质

[0048] 热能工质,或“工质”是指承载热能,并用于将热能在汽轮机中转变为机械能的载体。在本发明中特指水,及其相变形态,包括液态和气态。

[0049] (2) 太阳能集热器

[0050] 太阳能集热器是一个将太阳能收集、聚焦和传递到热交换器的装置。太阳能集热器通过聚焦原理将漫射的太阳光和空气的辐射热能聚集在一个有限的平面上。这个平面作为热交换器的加热受热面再将热能传递给工质。

[0051] (3) 热交换器

[0052] 热交换器是指将太阳能集热器收集,并聚焦的热能传递给工质的装置。这种传递包括直接传递方式和通过热媒的中间传递方式。直接传递方式是将太阳能集热器采集的热能直接传递给工质。中间传递是热交换器先将热能传递给热媒,再将热媒(比如油)的热能传递给工质。

[0053] (4) 储热罐

[0054] 储热罐是储存具有一定压力和温度的工质,并具有足够空间和承压的容器。在聚光太阳能超临界发电系统中,储存的工质压力超过临界压力,温度通常在300℃以上。为了使发电系统稳定运行,储热罐储存的热能应当满足汽轮机10~20小时的发电用汽。按照蒸汽温度400℃,压力30MPa,储热时间12小时计算,表3是一个大致的储热罐容积表:

[0055] 表1 聚光太阳能储热发电储热罐容积表(粗略计算)

装机容量 (MW)	25	50	100	300
储热能力 (10^6 kJ)	30700	57900	105000	304000
储热罐容积 (m^3)	3900	7400	13000	39000
单位功率储热容积 (m^3/kW)	0.156	0.148	0.130	0.130
储热成本估算 (元/kW)	1560	1480	1300	1300

[0056] 从表1可以看到,与传统的太阳能造价10万元/千瓦左右的造价相比,采用高压水储热方式的储热成本是很低的,每千瓦装机的储热成本为1300~1600元。从而证明了本专利具有很高的实用价值,将在太阳能发电产业中发挥重要作用。

[0058] (5) 循环水箱

[0059] 循环水箱是一个供正常发电和依靠储热发电的蓄水箱。它的功能是,在依靠储热发电时,它将太阳能集热器收集的热能通过热交换器循环加热循环水箱中的水,将热能储存于循环水箱内。当依靠太阳能直接发电时,又将这部分蓄热热能释放出来,补充太阳能的发电功率。它不仅充分利用了夜间和阴雨天的太阳能,还对系统的稳定性起到了重要作用。循环水箱仍然需要一定的容积,其容积量可以根据储热发电10~15小时所产生的饱和水计算而得。大约每千瓦装机容量需要0.4立方米。比如,对于25MW的发电站大约需要1000m³的循环水箱,相当于储热罐容积的1/4左右。

[0060] (6) 控制系统

[0061] 控制系统需要根据聚光太阳能储热发电系统的功能要求进行设计。

[0062] (7) 其它设备

[0063] 聚光太阳能储热发电系统的其它设备,如汽轮机、发电机、凝汽器、冷却塔及给水泵等按照传统的热力发电厂技术规范设计。

[0064] 实施例3

[0065] 如图3所示,本实施例与实施例2的区别在于所述汽轮机为双缸汽轮机,分为汽轮机高压缸和汽轮机低压缸;所述第二三通管与汽轮机高压缸相连,凝汽器与汽轮机低压缸相连;所述太阳能集热器上还设有带进口和出口的太阳能再热器16,其进口与汽轮机高压缸相连,出口与汽轮机低压缸相连。

[0066] 本实施例是为了解决超临界状态发电系统中汽轮机的末级叶片的含水率较高,造成汽轮机叶片气蚀的问题。如果不进行特殊处理,蒸汽在汽轮机中就不能完全膨胀,造成效率降低。因此,为了提高机组效率就需要采取中间再热的方法,对蒸汽进行二次加热。为提高太阳能发电的效率,本发明设计了本实施例的发电系统。本实施例与实施例1的流程不同点仅在于:蒸汽首先进入汽轮机高压缸,当汽轮机高压缸做功膨胀到一定程度的时候,将蒸汽引出,并将蒸汽送入置于太阳集热器中的太阳能再热器,将蒸汽再次加热到设计要求的温度,然后再将加热后蒸汽送入汽轮机低压缸中进一步膨胀做功发电。最后将低温、低压蒸汽排入凝汽器中冷却,完成整个聚光太阳能再热发电循环。

[0067] 实施例4

[0068] 如图4所示,本实施例与实施例1的区别在于所述热交换器与第一三通管之间还依次设有汽水分离器17、蒸汽过热器18;所述汽水分离器与热交换器相通,所述蒸汽过热器设置于太阳能集热器上,且与第一三通管连通,所述循环水箱与热交换器之间还设有给水控制阀27。本实施例的发电系统是处于亚临界状态。本实施例主要是考虑亚临界状态下,水相变以后,蒸汽比容大大增加,如果采用蒸汽储热的方式就使得储热罐的体积很庞大。本实施例仅针对蒸汽进行储存。本实施例的流程为:在太阳光充足,机组处于正常工况运行时,亚临界蒸汽进入汽轮机将热能转变为机械能,汽轮机带动发电机将机械能转变为电能。从汽轮机排出的低压蒸汽在凝汽器中用冷却塔中的循环水进行冷却,将低压蒸汽凝结成低压饱和水,低压饱和水通过给水泵将水压升高到临界压力22.798MPa以下,并将高压水送入循环水箱中,再从循环水箱进入置于太阳能集热器中的热交换进行加热。发电工质(水)在热交换器中被加热到饱和温度,随后通过汽水分离器进行分离,将蒸汽送入蒸汽过热器中进行加热成过热蒸汽。最后通过汽轮机主蒸汽阀进入汽轮机膨胀做功发电,便完成一个循环。

[0069] 在白天太阳光充足时,由于产生的蒸汽较多,通过蒸汽储热罐进口调节阀将一部分高压蒸汽引入储热罐中储存。在夜晚、阴雨天,太阳能集热器产生的蒸汽不足以发电时,打开蒸汽储热罐出口控制阀,用储热罐中储存的热能进入汽轮机发电。

[0070] 实施例5

[0071] 如图5所示,本实施例与实施例4的区别在于所述汽水分离器与循环水箱通过设有循环加热止回阀19的管道相连。本实施例将汽水分离器与循环水箱相连通,是用于将汽水分离器分离出的液相水送入循环水箱中进行循环利用;同时是为了在夜晚、阴雨天能够对液相水进行循环加热,其原理与工作流程与实施例2相同。

[0072] 实施例6

[0073] 如图6所示,本实施例与实施例5的区别在于所述汽轮机为双缸汽轮机,分为汽轮机高压缸和汽轮机低压缸,所述第二三通管与汽轮机高压缸相连;所述汽水分离器与循环加热止回阀之间还设有第四三通管20;所述第四三通管与汽轮机低压缸之间还依次连接有饱和水入口控制阀21、饱和水储热罐22、蒸汽扩容器23、扩容器蒸汽出口控制阀24,其中饱

和水入口控制阀与第四三通管连通,扩容器蒸汽出口控制阀与汽轮机低压缸相连;所述蒸汽扩容器还通过设有扩容器饱和水出口控制阀25的管道与循环水箱连通。

[0074] 本实施例相对实施例4、5来说,还增加了饱和水储热系统,该储热工艺为:从汽水分离器中分离的饱和水一部分通过止回阀进入循环水箱,再通过给水控制阀进入热交换器3中进行循环加热,产生饱和水和饱和蒸汽。另一部分饱和水通过饱和水入口控制阀进入饱和水储热罐中储热。当夜晚,或阴雨天需要用饱和水发电时,打开扩容器蒸汽出口控制阀和扩容器饱和水出口控制阀,将饱和水储热罐中的饱和水送入扩容器中进行闪蒸扩容,产生饱和蒸汽和饱和水。其中的饱和蒸汽通过扩容器蒸汽出口控制阀进入汽轮机的汽轮机低压缸进行膨胀做功和发电。扩容器产生的饱和水通过扩容器饱和水出口控制阀进入循环水箱,再进行循环加热。

[0075] 在夜晚和阴雨天,从给水泵、循环水箱及太阳能集热器、热交换器等仍然在运行,只是所产生的蒸汽和饱和水较少,不足以推动汽轮机工作。但由于本发明设计了储热罐和饱和水储热罐,使得发电机仍然能够正常运行。

[0076] 为保证本实施例整个发电系统安全、可靠、高效运行,对各个环节和设备有具体要求。基本功能如下:

[0077] (1) 太阳能集热器

[0078] 太阳能集热器是一个将太阳能收集、聚焦和传递到热交换器的装置。太阳能集热器通过聚焦原理将漫射的太阳光和空气的辐射热能聚集在一个有限的平面上。这个平面作为热交换器的加热受热面再将热能传递给做功工质。

[0079] (2) 热交换器

[0080] 热交换器是指将太阳能集热器收集,并聚焦的热能传递给工质的装置。在亚临界发电系统的热交换器的功能是用太阳能把饱和水,或未饱和水加热成汽水混合物,并送入汽水分离器。太阳能与工质的热交包括直接传递方式和通过热媒的中间传递的换热方式。直接传递方式是将太阳能集热器采集的热能直接传递给工质。中间传递是指热交换器先将热能传递给热媒,再将热媒(比如油)的热能传递给工质。

[0081] (3) 蒸汽储热罐

[0082] 蒸汽储热罐是储存过热蒸汽的容器。它具有耐高温、高压的功能,并具有足够的储热能力,保证太阳能聚光储能发电系统能够连续运行。

[0083] (4) 饱和水储热罐

[0084] 除蒸汽储热罐以外,饱和水储热罐是亚临界发电系统的饱和水储热容器。它与蒸汽储热罐一起承担发电系统在夜晚、阴雨天及非正常工况条件下实现平稳发电的功能。

[0085] (5) 扩容器

[0086] 扩容器是一种通过降压、降温,依靠饱和水的物理热将一部分饱和水转变为蒸汽的装置。在本系统中的扩容器将饱和水储热罐中的部分饱和水通过扩容降压蒸发为蒸汽,扩容后剩余的低压饱和水送入到循环水箱在进行蒸发。将扩容产生的饱和蒸汽送入汽轮机低压缸继续膨胀做功发电。

[0087] (6) 汽轮机

[0088] 汽轮机是将蒸汽的热能转变为机械能的装置。在本系统中的汽轮机是双缸汽轮机。其中的高压缸的进汽是高压过热蒸汽,低压缸的蒸汽一部分是高压缸做功以后的低压

蒸汽,另一部分是通过扩容产生的低压蒸汽。这种双缸汽轮机可以通过特殊设计制造而成。

[0089] (7) 循环水箱

[0090] 循环水箱是一个供正常发电和依靠储热发电的蓄水箱。它的功能是,在依靠储热发电时,它将太阳能集热器收集的热能通过热交换器循环加热循环水箱中的水,将热能储存于循环水箱内。当依靠太阳能直接发电时,又将这部分蓄热热能释放出来,补充太阳能的发电功率。它不仅充分利用了夜间和阴雨天的太阳能,还对系统的稳定性起到了重要作用。循环水箱仍然需要一定的容积,其容积量可以根据储热发电10~15小时所产生的饱和水计算而得。

[0091] (8) 控制系统

[0092] 聚光太阳能亚临界储热发电系统的控制比较复杂,可以根据各个装置的性能和整体系统的运行平衡进行设计。

[0093] (9) 其它设备

[0094] 聚光太阳能储热发电系统的其它设备,如发电机、凝汽器、冷却塔及给水泵等按照传统的热力发电厂技术规范设计。

[0095] 本发明选择水作为储热介质的原因如下:

[0096] 水是一种无毒、无污染的介质,其比热和汽化潜热都很大,具备了大容量储热的基本条件。特别是用水做工质,与聚光太阳能发电的工质完全一样,可以把太阳能储热系统与太阳能发电系统连成一个整体,从而形成稳定的、不受时间影响的聚光太阳能发电系统。

[0097] 为研究水作为太阳能工质的可行性,发明人通过水蒸汽性质表列出了几种工况下的状态参数。表2是在不同工况下的焓和比容表。其中,22.798MPa是水的临界压力。

[0098] 表2水的焓和比容表

温度 压力	100℃		300℃		600℃	
	焓 kJ/kg	比容 m ³ /kg	焓 kJ/kg	比容 m ³ /kg	焓 kJ/kg	比容 m ³ /kg
0.1MPa	2676.2	1.6955	3074.5	2.6387	3704.8	4.0277
1MPa	419.7	0.001	3052.1	0.2580	3697.4	0.4010
10MPa	426.5	0.001	1343.4	0.0014	3622.7	0.0383
20MPa	434.0	0.001	1334.4	0.0014	3535.5	0.0182
22.798MPa	436.2	0.001	1332.4	0.0014	3510.1	0.0157
40MPa	449.2	0.001	1325.4	0.0013	3346.4	0.0081

[0100] 根据表2,如果采用水作为储热工质,得到每立方米容积在不同工况下的储热量,详见表3:

[0101] 表3水在不同工况下的单位容积储能表

[0102] 单位:10⁵kJ/m³

[0103]

温度 压力	100℃	200℃	300℃	400℃	500℃	600℃
0.1MPa	0.1578	0.1324	0.1165	0.1057	0.09784	0.09198
1MPa	4.19	0.13729	0.11830	0.10651	0.09827	0.092204
10MPa	4.265	7.78	9.66	1.174	1.030	0.946
20MPa	4.34	7.82	9.81	2.85	2.19	1.94
22.798MPa	4.36	7.56	9.87	3.54	2.56	2.24
30MPa	4.42	7.66	9.98	7.82	3.55	3.01
40MPa	4.49	7.91	10.11	10.27	5.19	4.13

[0104] 从表3看到,当压力超过1MPa,温度超过100℃时,水的储热能力可以达到 $4\sim 10\times 10^5\text{kJ/m}^3$ 。相当于石蜡储热能力的2~4倍。根据水的热力性质,故而申请人发明创造了聚光太阳能水储热发电系统。

[0105] 按照上述实施例,便可很好地实现本发明。值得说明的是,基于上述结构设计的前提下,为解决同样的技术问题,即使在本发明上做出的一些无实质性的改动或润色,所采用的技术方案的实质仍然与本发明一样,故其也应当在本发明的保护范围内。

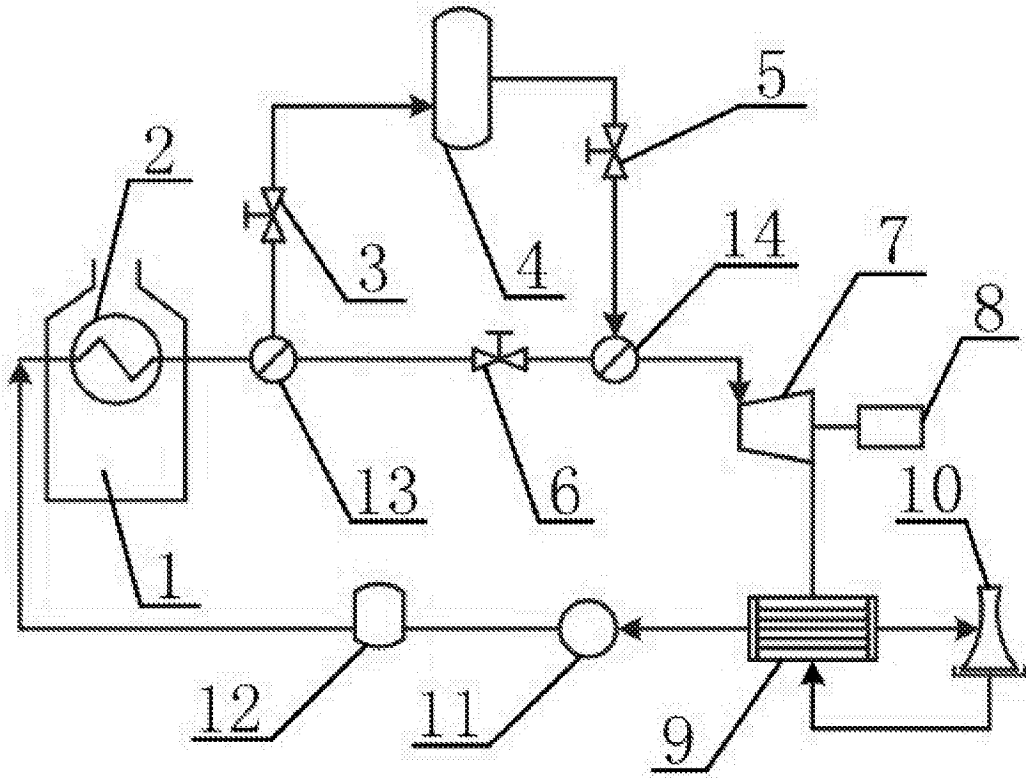


图1

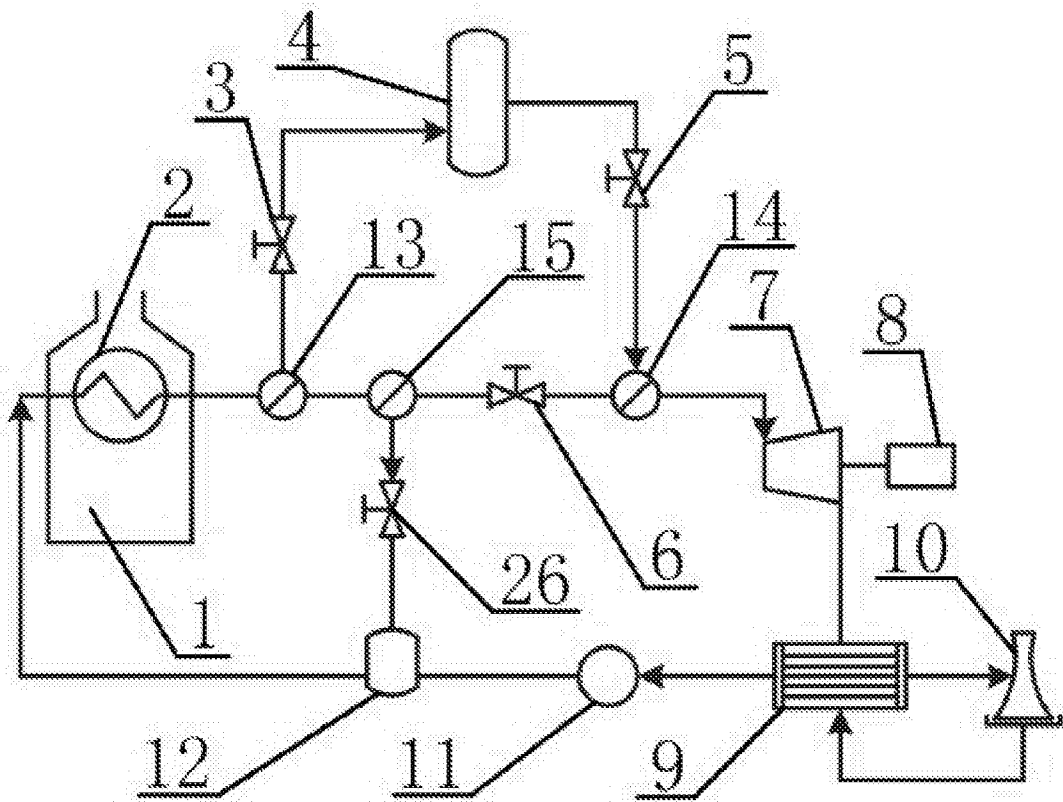


图2

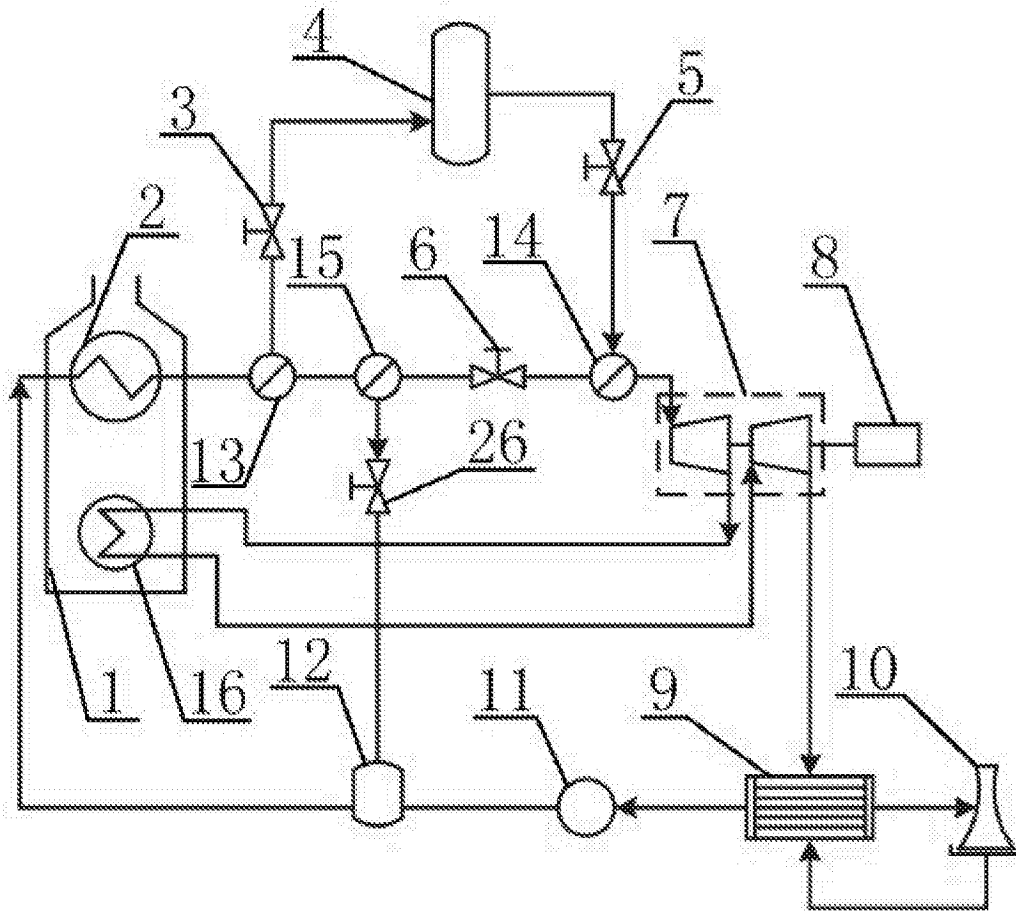


图3

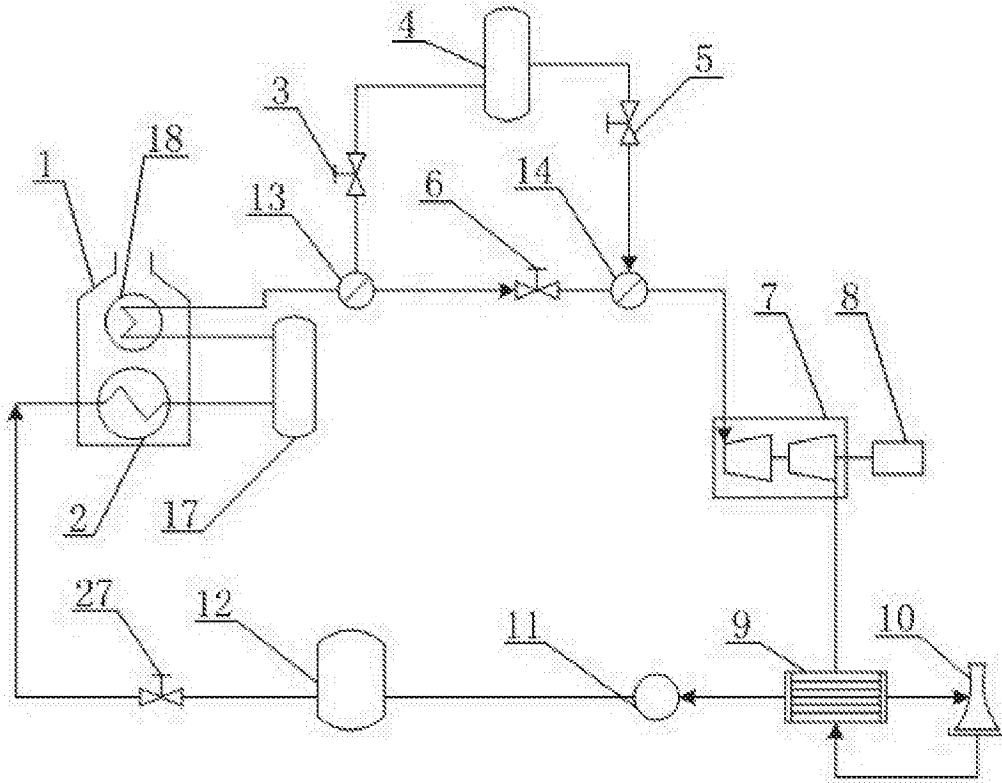


图4

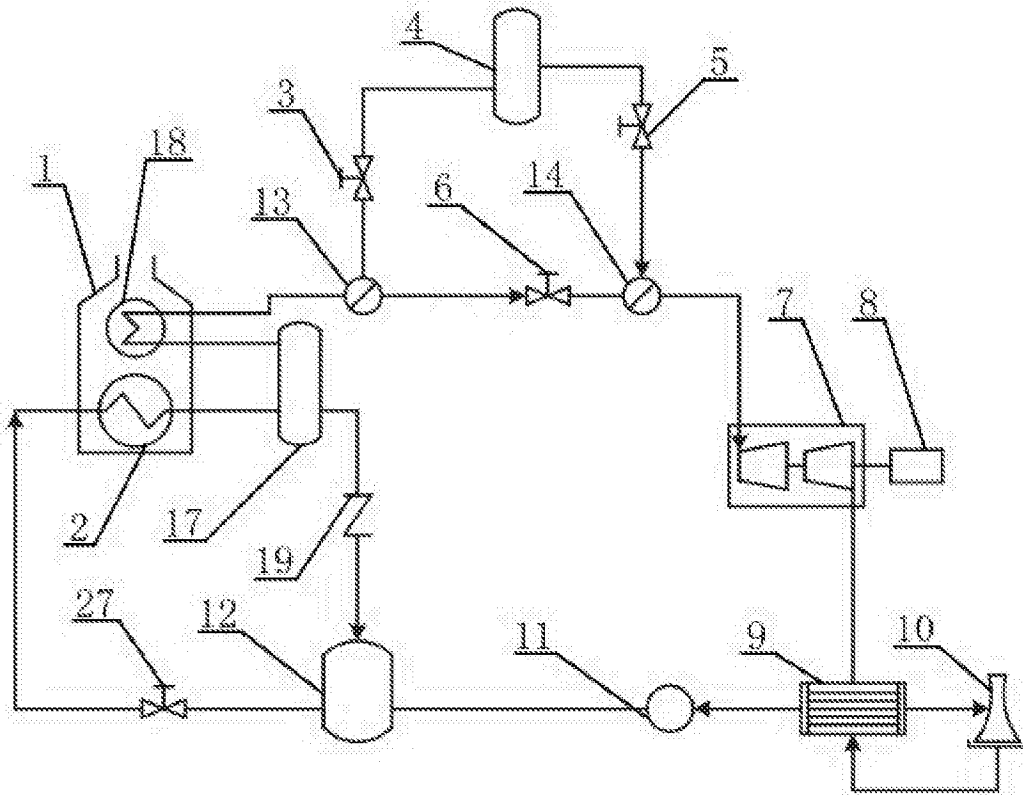


图5

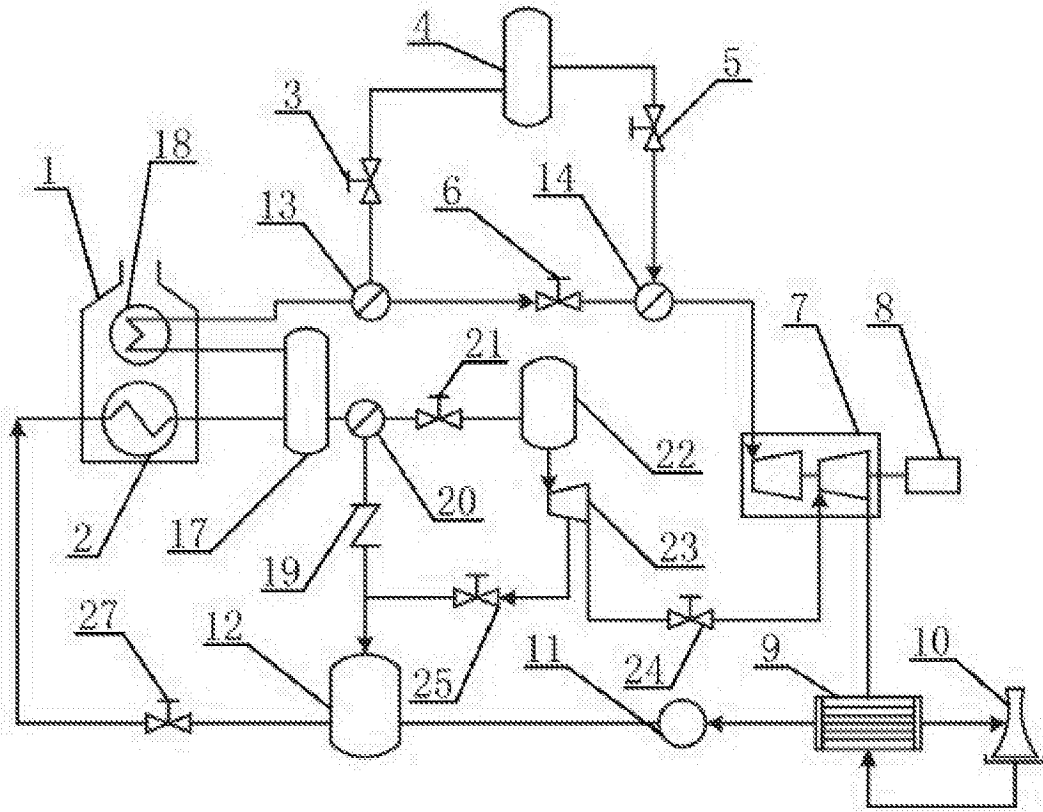


图6