



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108425709 A

(43)申请公布日 2018.08.21

(21)申请号 201810112953.5

(22)申请日 2018.02.05

(71)申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72)发明人 戴义平 夏文凯 霍耀武 韩健明
宋云飞 王江峰

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200

代理人 徐文权

(51)Int.Cl.

F01K 11/02(2006.01)

F01K 25/10(2006.01)

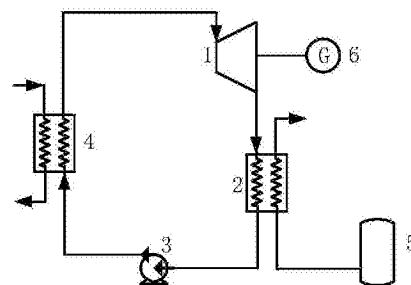
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统

(57)摘要

本发明公开了一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统,该发电系统以二氧化碳为循环工质,环境空气为热源,高压的液态LNG在使用过程中压力降低,其温度降低到 -162°C ,从而形成冷源环境,透平排出的二氧化碳在冷凝器中被低温LNG冷却至液态,经工质泵加压后再从环境中吸收热量至过热态,随后进入透平做功带动电机发电。该系统具有冷源温度低,环境为热源,工质泵耗功小的特点,直接以环境空气为热源,无需消耗额外的能源为发电系统提供热量。



1. 一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统,其特征在于,包括透平(1)、冷凝器(2)、工质泵(3)、空气加热器(4)、LNG储液罐(5)和发电机(6);

其中,空气加热器(4)的冷侧出口与透平(1)的入口连接,透平(1)的出口与冷凝器(2)的热侧入口连接,透平(1)的输出轴与发电机(6)连接,冷凝器(2)的热侧出口与工质泵(3)连接,冷凝器(2)冷侧入口与LNG储液罐(5)连接,工质泵(3)与空气加热器(4)冷侧入口连接;空气加热器(4)采用环境空气对二氧化碳升温。

2. 根据权利要求1所述一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统,其特征在于,所述透平(1)排出的气态二氧化碳经过冷凝器(2)转化为液态二氧化碳,二氧化碳经过工质泵(3)升压后进入空气加热器(4)中升温并转化为气态二氧化碳,气态二氧化碳进入透平(1)中进行热功转换,透平(1)带动发电机发电,透平(1)排出的气态二氧化碳再次进入冷凝器中。

3. 根据权利要求1所述一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统,其特征在于,还包括预热器(7),所述预热器(7)与空气加热器(4)串联,预热器(7)的冷侧入口与工质泵(3)连接。

4. 根据权利要求1所述一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统,其特征在于,所述工质泵(3)通过至少一个变速器与透平(1)连接,透平(1)通过变速器驱动工质泵(3)。

5. 根据权利要求1所述一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统,其特征在于,还包括回热器(8),所述回热器(8)的热侧入口与透平(1)的出口连接,回热器(8)的热侧出口与冷凝器(2)热侧入口连接;回热器(8)的冷侧入口与工质泵连接,回热器(8)的冷侧出口与空气加热器(4)冷侧入口连接。

6. 根据权利要求1所述一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统,其特征在于,所述透平(1)的出口的排气压力大于0.52MPa。

7. 根据权利要求1所述一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统,其特征在于,所述工质泵(3)排出的二氧化碳的压力为透平(1)的进口压力。

8. 根据权利要求1所述一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统,其特征在于,所述空气加热器(4)排出的二氧化碳的温度小于环境温度,二氧化碳温度与环境温度相差5℃以上,二氧化碳输出压力为1~5MPa。

9. 根据权利要求1所述一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统,其特征在于,所述透平(1)为单级向心透平、多级向心透平或轴流透平。

10. 根据权利要求1所述一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统,其特征在于,所述冷凝器(2)的冷侧出口与使用LNG为冷源的热力系统连接或与集气罐连接。

一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及能源发电领域,具体为一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统。

背景技术

[0002] 天然气因其具有高效清洁的优点而被广泛使用,在能源结构中占据越来越重要的位置。天然气一般以高压液态形式储存,在使用过程中,高压LNG随着压力的降低,其温度降低很多,达到 -162°C 的低温,从而形成冷源环境。LNG与环境之间存在巨大温差,若这部分冷能不回收利用,将导致能量的大量浪费。

[0003] 回收利用LNG冷能的途径包括:空气分离、冷能发电、制取液态 CO_2 或干冰、冷藏仓库或制冰、轻烃分离和海水淡化等;但是冷能回收的用途有限,且冷能能量使用范围受到限制,难以充分回收利用;而将冷能作为冷源,直接利用环境温度或者工业废热作为热源,采用 CO_2 作为工质进行发电则可以全面利用LNG冷能,是一种合理的不受限制的冷能利用方法。根据理论估算,LNG气化过程中释放的冷能大约为 850kJ/kg 。如果能回收这部分冷能用于发电,将获得 240kWh/t 的电力输出,因此LNG冷能发电得到广泛关注。

[0004] LNG作为冷源已经广泛应用于各种类型的发电系统中,如冷却燃气轮机进口空气及联合循环中的蒸汽等。多数利用方式需要依赖于其他工程项目的建设,如朗肯循环系统采用燃气轮机排气作为热源,虽然循环的效率较高,但朗肯循环本身依赖于其他项目的建设。因此以环境为热源的低温朗肯循环系统具有建址独立、热源经济的优势,但缺点也较为明显:比以高温排气为热源的朗肯循环发电系统效率低。此外,以环境为热源建立的发电系统属于分布式能源范畴,能有效提高能源利用率、减少环境污染、加强能源安全和优化能源结构,在我国大力发展分布式能源的背景下具有良好的应用前景。

[0005] 近年来,化石燃料的大量消耗已经导致了越来越多的环境问题,控制温室气体二氧化碳的排放受到全球的高度关注。各种工业排气含有大量二氧化碳,废气温度一般不高,采用常规利用方式效率低下,且难以有效减少二氧化碳的排放。近年来二氧化碳作为发电工质在全球范围引起研究热潮,如跨临界二氧化碳朗肯循环发电和制冷系统。二氧化碳化学性质稳定、密度高、无毒性、低成本、循环系统简单、结构紧凑、效率高,二氧化碳循环被认为在火力发电、第四代核能发电、聚光型太阳能热发电、余热发电、地热发电等领域具有广阔的应用前景。

发明内容

[0006] 针对现有技术中存在的问题,本发明提供一种以环境为热源、LNG为冷源的二氧化碳低温朗肯循环发电系统。该系统具有冷源温度低、环境为热源以及工质泵耗功小的特点,直接以环境为热源,无需消耗额外的能源为系统提供热量。

[0007] 本发明是通过以下技术方案来实现:

[0008] 一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统,包括透平、冷凝器、工质泵、空气加热器、LNG储液罐和发电机;

[0009] 其中,空气加热器的冷侧出口与透平的入口连接,透平的出口与冷凝器的热侧入口连接,透平的输出轴与发电机连接,冷凝器的热侧出口与工质泵连接,冷凝器冷侧入口与LNG储液罐连接,工质泵与空气加热器冷侧入口连接;空气加热器采用环境空气对二氧化碳升温。

[0010] 优选的,所述透平排出的气态二氧化碳经过冷凝器转化为液态二氧化碳,二氧化碳经过工质泵升压后进入空气加热器中升温并转化为气态二氧化碳,气态二氧化碳进入透平中进行热功转换,透平带动发电机发电,透平排出的气态二氧化碳再次进入冷凝器中。

[0011] 优选的,还包括预热器,所述预热器与空气加热器串联,预热器的冷侧入口与工质泵连接。

[0012] 优选的,所述工质泵通过至少一个变速器与透平连接,透平通过变速器驱动工质泵。

[0013] 优选的,还包括回热器,所述回热器的热侧入口与透平的出口连接,回热器的热侧出口与冷凝器热侧入口连接;回热器的冷侧入口与工质泵连接,回热器的冷侧出口与空气加热器冷侧入口连接。

[0014] 优选的,所述透平的出口的排气压力大于0.52MPa。

[0015] 优选的,所述工质泵排出的二氧化碳的压力为透平的进口压力。

[0016] 优选的,所述空气加热器排出的二氧化碳的温度小于环境温度,二氧化碳温度与环境温度相差5℃以上,二氧化碳输出压力为1~5MPa。

[0017] 优选的,其特征在于,所述透平为单级向心透平、多级向心透平或轴流透平。

[0018] 优选的,所述冷凝器的冷侧出口与使用LNG为冷源的热力系统连接或与集气罐连接。

[0019] 与现有技术相比,本发明具有以下有益的技术效果:

[0020] 本发明提供的二氧化碳低温朗肯循环发电系统,以二氧化碳为循环工质,环境空气为热源,LNG为冷源,低温LNG在冷凝器中气化吸热,将二氧化碳冷却成液态,液态二氧化碳经过增压进入空气加热器中,空气加热器以环境空气为热源对液态二氧化碳进行升温,升温后的二氧化碳转化为气态进入透平中进行热功转化,做功完成后再次进入冷凝器中进行循环。该发电系统以环境空气为热源,大大减少热源成本,采用LNG构建冷源环境,可充分利用LNG气化的冷量,防止LNG冷量的大量浪费,同时CO₂为循环工质,可有效利用工业排气,减少CO₂对环境造成的污染。

[0021] 进一步在空气加热器下方串联一个预热器,有效提高环境空气热量的利用率,同时增加一个预热器能有效减小空气加热器的换热端差,改善换热性能。

[0022] 进一步采用透平带动工质泵工作,节约了工质泵所需要的电能,提高能量的利用率。

[0023] 进一步在发电系统中设置回热器,低温液态二氧化碳在回热器中吸收从透平排出的气态二氧化碳的热量,减少了气态二氧化碳在冷凝器中转换为液态二氧化碳所耗散的能量,提高了能量的利用率。

[0024] 进一步在冷凝器的冷侧出口耦合使用LNG为冷源的热力系统,提高LNG冷量的利用率。

附图说明

[0025] 图1为实施例1发电系统结构示意图；

[0026] 图2为实施例2发电系统结构示意图；

[0027] 图3为实施例3发电系统结构示意图；

[0028] 图4为实施例4发电系统结构示意图；

[0029] 图中：1、透平；2、冷凝器；3、工质泵；4、空气加热器；5、LNG储液罐；6、发电机；7、预热器；8、回热器。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图对本发明做进一步的详细说明，所述是对本发明的解释而不是限定。

[0031] 实施例1

[0032] 如图1所示，一种二氧化碳低温朗肯循环发电系统，包括透平1、冷凝器2、工质泵3、空气加热器4、LNG储液罐5和发电机6。

[0033] 其中，空气加热器4的冷侧出口与透平1的气体入口连接，透平1与发电机6连接，透平1气体出口与冷凝器2的热侧入口连接，冷凝器2的热侧出口与工质泵3入口连接，工质泵3的出口与空气加热器4的冷侧入口连接。

[0034] 环境空气由空气加热器4的热侧入口进入与冷侧的液态二氧化碳进行换热后自热侧的出口排向大气；冷凝器2采用低温LNG对二氧化碳进行冷却，冷凝器2的冷侧出口通过管道与集气罐连接，冷凝器2的冷侧入口与LNG储液罐5连接。

[0035] 在循环发电系统的管道中装入二氧化碳，循环发电系统在工作时，气态的二氧化碳自冷凝器2的热侧入口进入冷凝器中，二氧化碳三相点是 -56.6°C 、 0.52MPa ，LNG储液罐5中的低温LNG自冷凝器2的冷侧入口进入冷凝器中，冷凝器2中热侧的二氧化碳与冷侧的低温LNG在冷凝器中进行换热，冷凝器2冷侧中的LNG吸热后转换为气态天然气自冷凝器2的冷侧出口排出，冷凝器2热侧的二氧化碳被冷却至饱和液态，为防止二氧化碳凝固，透平排气压力应大于 0.52MPa ，冷凝器2热侧出口出来的液态二氧化碳工质经工质泵3增压至透平1的进口压力后，液态二氧化碳经空气加热器的冷侧入口进入空气加热器4中，环境空气由空气加热器4的热侧入口进入与冷侧的液态二氧化碳进行换热，由于空气加热器4存在换热端差，因此二氧化碳被加热后的温度较环境温度低 5°C 以上，压力为 $1\sim 5\text{MPa}$ ，液态二氧化碳转化为气态而后进入透平1中做功完成热功转换，并带动发电机6发电，做功完成后的气态二氧化碳经透平1的出口排出，再次经过管道进入冷凝器2中进行冷凝，完成整个热力循环。

[0036] 空气加热器的热侧出口还可接入温度更高的热源，提高二氧化碳工质在透平进口的温度，以扩大系统运行区间，获得更多的功量输出。

[0037] 实施例2

[0038] 本实施例提供的二氧化碳低温朗肯循环发电系统是在实施例1的发电系统的基础上增加一个预热器7，预热器7与空气加热器4串联。

[0039] 如图2所示，预热器7的冷侧入口与工质泵3的出口连接，预热器冷侧出口与空气加热器4的冷侧入口连接；

[0040] 预热器7的热侧入口与空气加热器4的热侧出口连接,预热器7的热侧出口通向大气。

[0041] 液态二氧化碳经过工质泵3升压后,由工质泵3的出口排出并通过管道由预热器7的冷侧入口进入预热器中,再由预热器7的冷侧出口进入空气加热器4冷端中。

[0042] 环境空气首先经过空气加热器热侧入口进入空气加热器4中,对空气加热器4中冷侧的二氧化碳进行加热,完成加热后的环境空气在通过空气加热器的热侧出口进入到预热器7热侧中,对预热器7冷侧中液态二氧化碳进行加热。有效提高环境空气热量的利用率,同时增加一个预热器能有效减小空气加热器的端差,改善换热性能。

[0043] 预热器7实质上为空气加热器4,即两台空气加热器串联。

[0044] 实施例3

[0045] 本实施例提供的二氧化碳低温朗肯循环发电系统与实施例1发电系统的结构相同,不同之处在于工质泵3与透平1的连接方式,并增加了一个或多个变速器,具体连接方式如下:

[0046] 如图3所示,工质泵3的轴与变速器连接,变速器与透平的输出轴连接。

[0047] 二氧化碳进入透平进行热功转换,透平1转动并带动与其连接的变速器转动,透平1的转速经过变速器调速至符合工质泵3的转速后带动工质泵3转动工作。由透平1产生的动能带动工质泵工作,节约了工质泵所需要的电能,提高能量的利用率。

[0048] 实施例4

[0049] 本实施例提供的二氧化碳低温朗肯循环发电系统是在实施例1的发电系统的基础上增加一个回热器8。

[0050] 如图4所示,回热器8的热侧入口与透平1排气的出口连接,回热器8的热侧出口与冷凝器2的热侧入口连接;

[0051] 回热器的冷侧入口与工质泵的出口连接,回热器的冷侧出口与空气加热器4的冷侧入口连接。

[0052] 在透平1中完成热功转化的气态二氧化碳由透平1的出口排出,再由回热器热侧入口进入回热器8中,同时冷凝器热侧的液态二氧化碳由工质泵加压后自回热器的冷侧入口进入回热器8中;冷侧的液态二氧化碳与热侧的气态二氧化碳在回热器8中进行换热,对热侧的气态二氧化碳进行冷却,同时对冷侧的液态二氧化碳进行升温。通过回热器8对气态二氧化碳热量的回收,减少了气态二氧化碳在冷凝器中转换为液态二氧化碳所耗散的能量,提高了能量的利用率。

[0053] 回热器8为换热器。

[0054] 该二氧化碳低温朗肯循环发电系统以环境空气为热源,热源量大且十分经济,该系统无需依赖于其它项目建设,发电系统建立具有一定的独立性;LNG构建冷源环境,可充分利用LNG气化的冷量,防止LNG冷量的大量浪费;以二氧化碳为工质,可有效利用工业排气,减少二氧化碳对环境造成的污染。

[0055] 以上内容仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明权利要求书的保护范围之内。

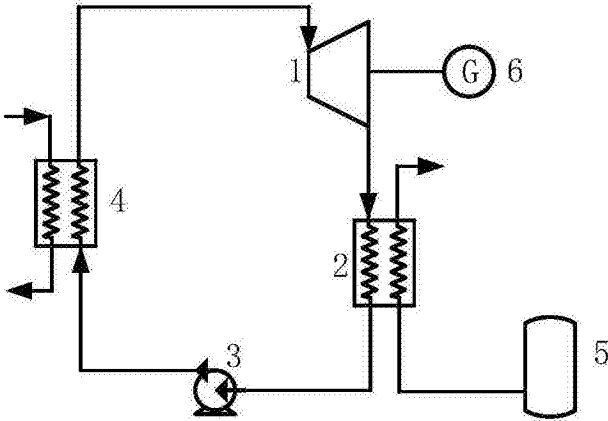


图1

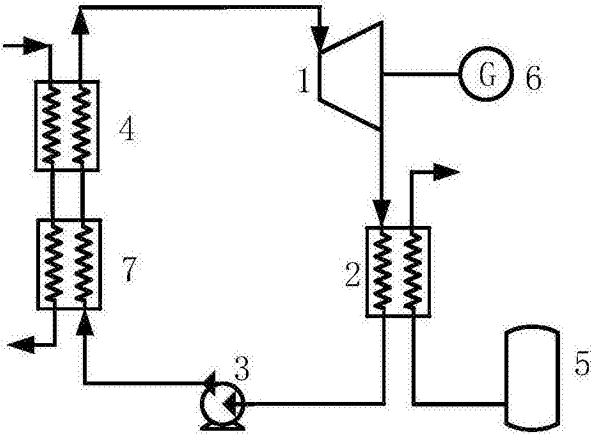


图2

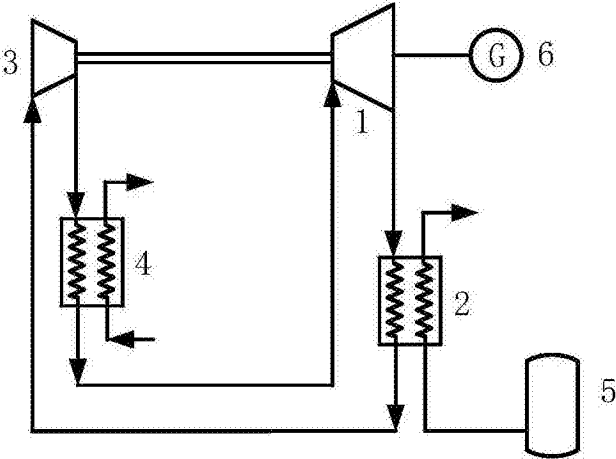


图3

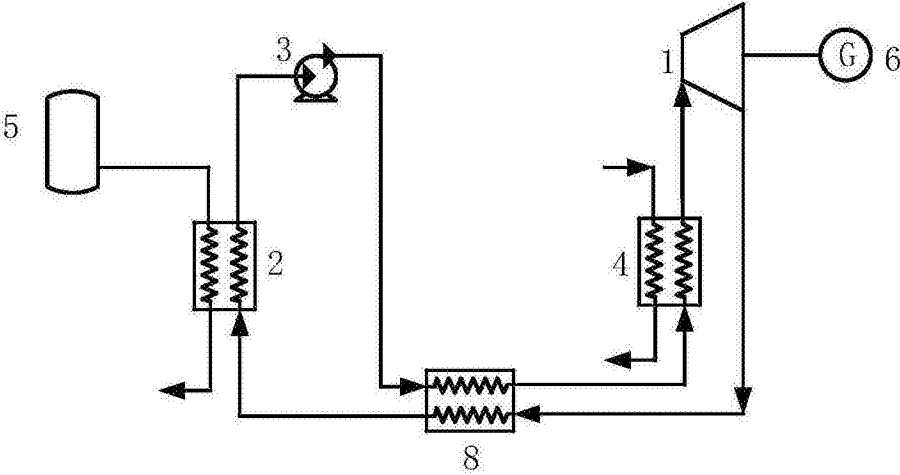


图4