



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108150369 A

(43)申请公布日 2018.06.12

(21)申请号 201711308942.6

F01D 15/10(2006.01)

(22)申请日 2017.12.11

F04D 25/06(2006.01)

(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 张荻 王雨琦 谢永慧

(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 闵岳峰

(51) Int. Cl.

F03G 4/00(2006.01)

F01K 25/10(2006.01)

F01K 7/02(2006.01)

F01K 7/16(2006.01)

F01K 7/32(2006.01)

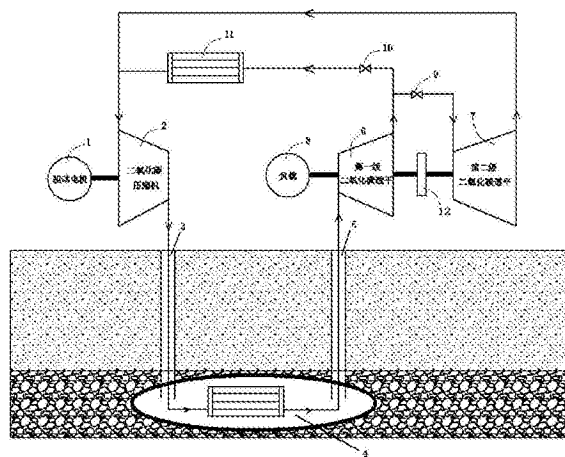
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统及方法

(57)摘要

一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统及方法,其中,二氧化碳压缩机由驱动电机驱动,压缩工质至超临界状态并由超临界二氧化碳注入井输送至地下干热岩换热系统中升温,然后由超临界二氧化碳生产井输送至地面的第一级二氧化碳透平中膨胀做功,负载较小时,第一级透平做功完成后进入冷却器降温并重新输送至二氧化碳压缩机中循环利用,负载较大时,进入第二级二氧化碳透平中继续膨胀做功,两级透平同时带动负载转动发电,并在出口直接输送至二氧化碳压缩机中循环利用。本发明利用储量丰富的干热岩地热能,以多性态二氧化碳为工质,具有环保,成本低的优势,同时能够多级利用能量,实现高发电效率以及紧凑的系统结构,具有广阔的应用前景。



1. 一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统,其特征在于,包括驱动电机(1)、二氧化碳压缩机(2)、超临界二氧化碳注入井(3)、地下干热岩换热系统(4)、超临界二氧化碳生产井(5)、第一级二氧化碳透平(6)、第二级二氧化碳透平(7)、负载(8)及冷却器(11);其中,

驱动电机(1)用于驱动二氧化碳压缩机(2)工作,二氧化碳压缩机(2)的二氧化碳出口连通至设置在地下干热岩中的地下干热岩换热系统(4)的二氧化碳入口,地下干热岩换热系统(4)二氧化碳出口连通至第一级二氧化碳透平(6)的二氧化碳入口,第一级二氧化碳透平(6)的二氧化碳出口分为两股,一股连通至冷却器(11)的二氧化碳入口,另一股连通至第二级二氧化碳透平(7)的二氧化碳入口,第二级二氧化碳透平(7)的二氧化碳出口以及冷却器(11)的二氧化碳出口均连通至二氧化碳压缩机(2)的二氧化碳入口;

第一级二氧化碳透平(6)的一端用于驱动负载(8),另一端与第二级二氧化碳透平(7)同轴心连接。

2. 根据权利要求1所述的一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统,其特征在于,第一级二氧化碳透平(6)的另一端通过离合器(12)与第二级二氧化碳透平(7)同轴心连接。

3. 根据权利要求1所述的一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统,其特征在于,第一级二氧化碳透平(6)的二氧化碳出口连通至第二级二氧化碳透平(7)的二氧化碳入口的管道上设置有第一阀门(9),第一级二氧化碳透平(6)的二氧化碳出口连通至冷却器(11)的二氧化碳入口的管道上设置有第二阀门(10)。

4. 一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电方法,其特征在于,该方法基于权利要求3所述的一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统,包括:

二氧化碳压缩机(2)由驱动电机(1)驱动,二氧化碳压缩机(2)的二氧化碳进口低温低压的二氧化碳经过压缩,压力达到13MPa,温度达到80℃,处于超临界状态,然后,二氧化碳工质经由超临界二氧化碳注入井(4)输送至地下干热岩换热系统(4)中,进一步加热升温,达到接近200℃的高温状态,完成升温后的工质由超临界二氧化碳生产井(5)重新输送至地面,并进入第一级二氧化碳透平(6)中膨胀做功,压力降低至8MPa,温度降低至120℃;

负载(8)功率低于500kW时,第一阀门(9)关闭,第二阀门(10)开启,第一级二氧化碳透平(6)与第二级二氧化碳透平(7)轴分离,第一级二氧化碳透平(6)做功完成后的二氧化碳工质即进入冷却器(11)中与常温的空气进行换热,降温至二氧化碳压缩机(2)所需的进口温度,最终由管道输送至二氧化碳压缩机(2)中循环利用;

负载(8)功率在500kW-1000kW之间时,关闭第二阀门(10),打开第一阀门(9),离合器(12)将第一级二氧化碳透平(6)和第二级二氧化碳透平(7)啮合,第一级二氧化碳透平(6)出口的二氧化碳工质进入第二级二氧化碳透平(7)中,二氧化碳工质在低压力的状态下继续膨胀做功,压力进一步降低至4MPa,温度降低至40℃,第一级二氧化碳透平(6)与第二级二氧化碳透平(7)两级透平带动负载(8)转动发电,二氧化碳工质在第二级二氧化碳透平(7)中做功完成后已降温至二氧化碳压缩机(2)所需的40℃的进口温度,直接由管道输送至二氧化碳压缩机(2)中循环利用。

5. 根据权利要求4所述的一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电方法,其特征在于,第一级二氧化碳透平(6)和第二级二氧化碳透平(7)通过离合器(12)轴连接。

一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于地热能发电技术领域,具体涉及一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统及方法。

背景技术

[0002] 干热岩是一种新兴地热能源,其温度一般大于200℃,属于致密不透水的高温岩体。干热岩地热资源分布区域主要在青藏高原南部,这一地区占中国大陆地区干热岩总资源量的20.5%,资源量巨大且温度最高,近年,在青海共和盆地3705米深处已成功钻获236℃的高温干热岩体。目前,对干热岩地热能的应用主要是发电,其基本原理是:通过深井将高压水注入地下2000-6000米的岩层,使其渗透进入岩层中人工压裂造出的缝隙并吸收地热能;通过另一个专用深井(相距约200-600米左右)将岩石裂隙中的高温水、汽提取到地面;取出的水、汽温度可达150-200℃,通过换热装置及地面动力循环用于发电;冷却后的水再次通过高压泵注入地下换热系统循环使用。利用干热岩发电技术可大幅降低温室效应和酸雨对环境的影响,且不受季节、气候制约,同时,干热岩发电的成本仅为风力发电的一半,只有太阳能发电的十分之一。

[0003] 近年来,将二氧化碳工质应用于布雷顿循环的研究受到广泛关注,二氧化碳的临界压力为7.38MPa,临界温度为31.1℃,在压力达到兆帕级,温度高于临界温度的状态下具有密度大、粘度小的优良物性,可以使二氧化碳布雷顿循环核心部件透平及压缩机结构紧凑、效率高,因此,将其应用于动力循环具有良好的工程应用前景。在二氧化碳布雷顿循环中,各种性态的二氧化碳工质均具有接近液体的密度以及接近气体的粘性,因此,应用多性态二氧化碳的多级透平机械能够保持紧凑的结构与较高的效率。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对现有技术的局限性,提供了一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统及方法,主要利用储量丰富、温度200℃左右的干热岩地热能,环保且成本低,同时以多性态二氧化碳为工质,系统紧凑,气动效率高,多级利用能量,具有广阔的应用前景。

[0005] 本发明采用如下技术方案来实现:

[0006] 一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统,包括驱动电机、二氧化碳压缩机、超临界二氧化碳注入井、地下干热岩换热系统、超临界二氧化碳生产井、第一级二氧化碳透平、第二级二氧化碳透平、负载及冷却器;其中,驱动电机用于驱动二氧化碳压缩机工作,二氧化碳压缩机的二氧化碳出口连通至设置在地下干热岩中的地下干热岩换热系统的二氧化碳入口,地下干热岩换热系统二氧化碳出口连通至第一级二氧化碳透平的二氧化碳入口,第一级二氧化碳透平的二氧化碳出口分为两股,一股连通至冷却器的二氧化碳入口,另一股连通至第二级二氧化碳透平的二氧化碳入口,第二级二氧化碳透平的二氧化碳出口以及冷却器的二氧化碳出口均连通至二氧化碳压缩机的二氧化碳入口;第一级二氧化碳

碳透平的一端用于驱动负载,另一端与第二级二氧化碳透平同轴心连接。

[0007] 本发明进一步的改进在于:第一级二氧化碳透平的另一端通过离合器与第二级二氧化碳透平同轴心连接。

[0008] 本发明进一步的改进在于:第一级二氧化碳透平的二氧化碳出口连通至第二级二氧化碳透平的二氧化碳入口的管道上设置有第一阀门,第一级二氧化碳透平的二氧化碳出口连通至冷却器的二氧化碳入口的管道上设置有第二阀门。

[0009] 本发明进一步的改进在于:二氧化碳压缩机由驱动电机驱动,二氧化碳压缩机的二氧化碳进口低温低压的二氧化碳经过压缩,压力达到13MPa,温度达到80℃,处于超临界状态,然后,二氧化碳工质经由超临界二氧化碳注入井输送至地下干热岩换热系统中,进一步加热升温,达到接近200℃的高温状态,完成升温后的工质由超临界二氧化碳生产井重新输送至地面,并进入第一级二氧化碳透平中膨胀做功,压力降低至8MPa,温度降低至120℃;

[0010] 负载功率低于500kW时,第一阀门关闭,第二阀门开启,第一级二氧化碳透平与第二级二氧化碳透平轴分离,第一级二氧化碳透平做功完成后的二氧化碳工质即进入冷却器中与常温的空气进行换热,降温至二氧化碳压缩机所需的进口温度,最终由管道输送至二氧化碳压缩机中循环利用;

[0011] 负载功率在500kW-1000kW之间时,关闭第二阀门,打开第一阀门,离合器将第一级二氧化碳透平和第二级二氧化碳透平啮合,第一级二氧化碳透平出口的二氧化碳工质进入第二级二氧化碳透平中,二氧化碳工质在低压力的状态下继续膨胀做功,压力进一步降低至4MPa,温度降低至40℃,第一级二氧化碳透平与第二级二氧化碳透平两级透平带动负载转动发电,二氧化碳工质在第二级二氧化碳透平中做功完成后已降温至二氧化碳压缩机所需的40℃的进口温度,直接由管道输送至二氧化碳压缩机中循环利用。

[0012] 本发明进一步的改进在于:第一级二氧化碳透平和第二级二氧化碳透平通过离合器轴连接。

[0013] 本发明具有如下有益的技术效果:

[0014] 本发明通过成功整合多种现有技术的优势,针对二氧化碳发电系统进行了改进创新,提出了一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统,以多性态二氧化碳为工质,采用干热岩地热能作为热源。干热岩地热能属于清洁能源,成本低,储量丰富,可大幅降低温室效应和酸雨对环境的影响,且不受季节、气候制约,从对大气环境的保护和资源的储备量来说,是一种优势明显的新能源。该发电系统采用多性态二氧化碳作为工质,采用两级不同参数范围的多性态二氧化碳透平,并使用离合器对一级二氧化碳透平与两级二氧化碳透平运行工况进行切换,适应不同的负载状况,实现了能量的多级利用,同时,由于二氧化碳工质在4MPa以上高压和40-200℃之间的低温状态下能够保持接近于液体的高密度以及接近于气体的低粘度,使得整个发电系统结构紧凑,气动效率高,较大程度地改善了传统干热岩发电系统装置体积大且发电效率低的问题。对于以二氧化碳为工质的压缩机,变工况研究表明压比将随着压缩机进口温度的下降不断变大,从压缩因子的角度说明即同一工质压缩因子越小越容易被压缩,二氧化碳工质进口温度越低,压缩因子越小,压缩功耗越小,因此该利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统中二氧化碳压缩机进口温度较低,压缩因子较小,能够在较低的压缩功耗下实现较高的压比,经过干热岩热源加热后,在透平中完成一级或两级膨胀做功,从而实现较高的系统发电效率。

[0015] 因此,本发明利用储量丰富的干热岩地热能,同时以多性态二氧化碳为工质,采用干热岩地热能对超临界二氧化碳工质进行加热,不仅具有环保,成本低的优势,还能够实现高发电效率,多级利用能量以及紧凑的系统结构,具有广阔的应用前景。

附图说明

[0016] 图1为本发明一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统的循环图。

[0017] 图中:1-驱动电机,2-二氧化碳压缩机,3-超临界二氧化碳注入井,4-地下干热岩换热系统,5-超临界二氧化碳生产井,6-第一级二氧化碳透平,7-第二级二氧化碳透平,8-负载,9-第一阀门,10-第二阀门,11-冷却器,12-离合器。

具体实施方式

[0018] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0019] 参照图1,本发明提供一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电系统,包括驱动电机1、二氧化碳压缩机2、超临界二氧化碳注入井3、地下干热岩换热系统4、超临界二氧化碳生产井5、第一级二氧化碳透平6、第二级二氧化碳透平7、负载8、冷却器11和离合器12;驱动电机1用于驱动二氧化碳压缩机2工作,二氧化碳压缩机2的二氧化碳出口连通至设置在地下干热岩中的地下干热岩换热系统4的二氧化碳入口,地下干热岩换热系统4二氧化碳出口连通至第一级二氧化碳透平6的二氧化碳入口,第一级二氧化碳透平6的二氧化碳出口分为两股,一股连通至冷却器11的二氧化碳入口,另一股连通至第二级二氧化碳透平7的二氧化碳入口,第二级二氧化碳透平7的二氧化碳出口以及冷却器11的二氧化碳出口均连通至二氧化碳压缩机2的二氧化碳入口;第一级二氧化碳透平6的一端用于驱动负载8,另一端通过离合器12与第二级二氧化碳透平7同轴心连接。此外,第一级二氧化碳透平6的二氧化碳出口连通至第二级二氧化碳透平7的二氧化碳入口的管道上设置有第一阀门9,第一级二氧化碳透平6的二氧化碳出口连通至冷却器11的二氧化碳入口的管道上设置有第二阀门10。

[0020] 本发明提供一种利用干热岩地热能的多性态二氧化碳发电方法,其中,二氧化碳压缩机2由驱动电机1驱动,二氧化碳压缩机2的二氧化碳进口低温低压的二氧化碳经过压缩,压力达到13MPa,温度达到80℃,处于超临界状态,然后,二氧化碳工质经由超临界二氧化碳注入井3输送至地下干热岩换热系统4中,进一步加热升温,达到接近200℃的高温状态,完成升温后的工质由超临界二氧化碳生产井5重新输送至地面,并进入第一级二氧化碳透平6中膨胀做功,压力降低至8MPa,温度降低至120℃。负载8功率小于500kW时,第一阀门9关闭,第二阀门10开启,离合器12将第一级二氧化碳透平和第二级二氧化碳透平轴分离,第一级二氧化碳透平6做功完成后的二氧化碳工质即进入冷却器11中与常温的空气进行换热,降温至二氧化碳压缩机2所需的进口温度,约40℃,最终由管道输送至二氧化碳压缩机2中循环利用。负载8功率在500kW-1000kW之间时,关闭第二阀门10,打开第一阀门9,离合器12将第一级二氧化碳透平和第二级二氧化碳透平啮合,第一级二氧化碳透平6出口的二氧化碳工质进入第二级二氧化碳透平7中,二氧化碳工质在低压力的状态下继续膨胀做功,压力进一步降低至4MPa,温度降低至40℃,第一级二氧化碳透平6与第二级二氧化碳透平7两级透平带动负载8转动发电,二氧化碳工质在第二级二氧化碳透平7中做功完成后已降温至

二氧化碳压缩机2所需的40℃的进口温度,直接由管道输送至二氧化碳压缩机2中循环利用。

[0021] 其中,系统热源为干热岩地热能,属于清洁能源,储量丰富,应用于发电系统中具有环保且成本低的优势,提高了该发电系统运行时的经济效益。

[0022] 本发明采用多性态二氧化碳作为工质,设有第一级二氧化碳透平与第二级二氧化碳透平两级透平发电,能够多级利用能量,同时,本发明温度和压力范围下的二氧化碳工质具有密度大,粘性小的特征,能够使系统结构紧凑,气动效率高。

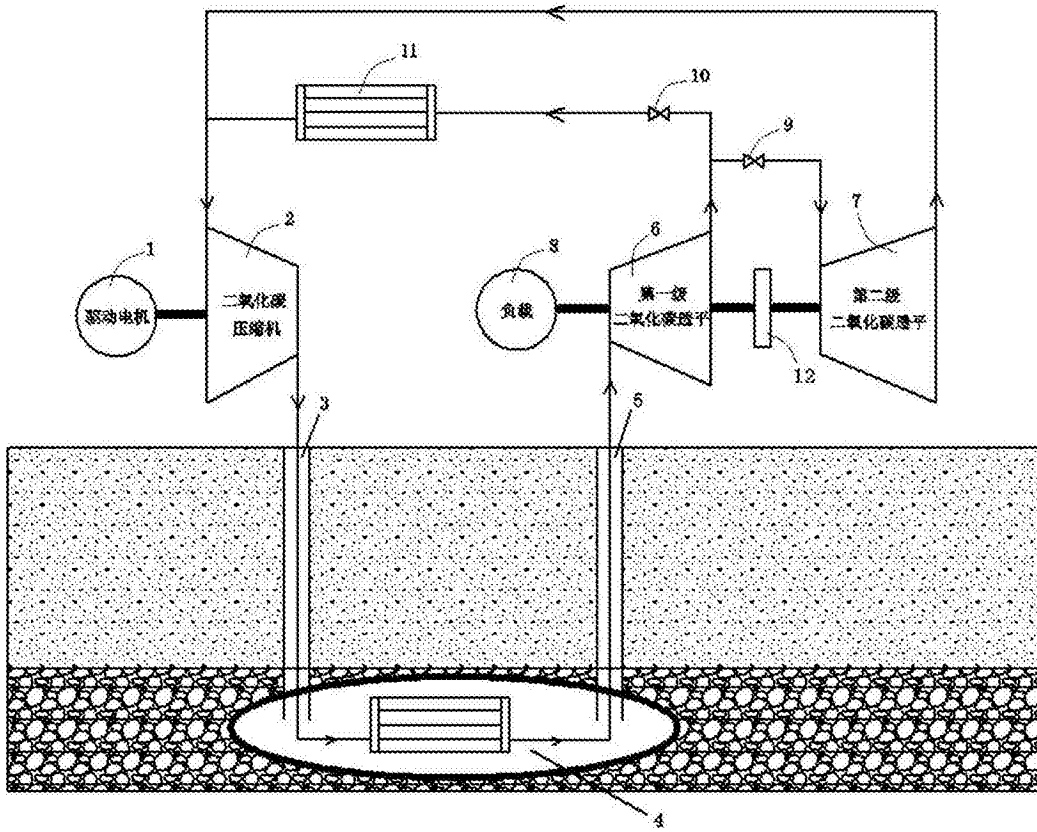


图1