



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108412613 A

(43)申请公布日 2018.08.17

(21)申请号 201810069642.5

F01K 23/10(2006.01)

(22)申请日 2018.01.24

C10L 3/10(2006.01)

C12M 1/107(2006.01)

(71)申请人 西安热工研究院有限公司

地址 710032 陕西省西安市碑林区兴庆路
136号

(72)发明人 陈会勇 薛志恒 王伟锋 吴涛
付昶 赵杰

(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.

F02C 6/00(2006.01)

F02C 6/18(2006.01)

F01K 25/10(2006.01)

F01K 7/32(2006.01)

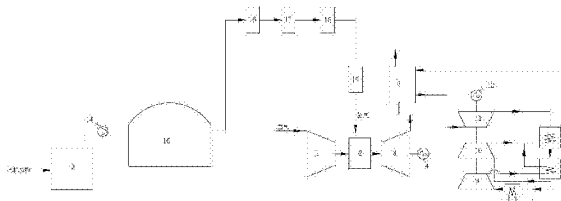
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电
系统

(57)摘要

一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统,包括燃气轮机发电系统、超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环发电系统和沼气生产及净化系统。本发明中通过沼气生产及净化系统把有机废物转化成洁净的沼气,作为燃气轮机的燃料,燃气轮机的排气作为超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环发电系统的热源,实现沼气-超临界二氧化碳再压缩布雷顿联合动力循环,超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环通过二氧化碳透平拖动发电机组产生电能。综合了沼气生产及净化系统、燃气轮机发电系统和超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环发电系统,提供稳定的电源,提高了系统整体效率,同时为沼气发电系统以及超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环的运用提供了新的思路。



1. 一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统,其特征在于,包括燃气轮机发电系统、超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环发电系统和沼气生产及净化系统;其中,

燃气轮机发电系统包括空气压缩机组(1)、燃烧器(2)和燃气透平(3);

超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环发电系统包括换热器(5)、高温回热器(6)、低温回热器(7)、预冷器(8)、主压缩机(9)、再压缩机(10)和超临界二氧化碳透平(11);

沼气生产及净化系统包括混合池(13)、发酵装置(15)、脱硫装置(16)、冷干机装置(17)、过滤器装置(18)和沼气压缩及输送装置(19);

空气压缩机组(1)的压缩空气出口与燃烧器(2)的压缩空气入口连接,燃烧器(2)的燃料入口与沼气压缩及输送装置(19)的出口相连接,燃烧器(2)的出口与燃气透平(3)的进口连接,燃气透平(3)的出口与换热器(5)的进口连接;

换热器(5)的出口与超临界二氧化碳透平(11)的进口相连,超临界二氧化碳透平(11)的出口与高温回热器(6)的高温侧流体进口连通,高温回热器(6)的高温侧流体出口与低温回热器(7)的高温侧流体进口连通,低温回热器(7)的高温侧流体出口分为两路,一路与预冷器(8)的进口连通,另一路与再压缩机(10)的进口连通,预冷器(8)的出口与主压缩机(9)的进口连通,主压缩机(9)的出口与低温回热器(7)的低温侧流体进口连通,低温回热器(7)的低温侧流体出口与再压缩机(10)的出口汇合后与高温回热器(6)的低温侧流体进口连通,高温回热器(6)的低温侧流体出口与换热器(5)的进口连通;

混合池(13)的原料入口与有机废物的输送管道的出口连通,混合池(13)的出口与发酵装置(15)的进口连通,发酵装置(15)的出口与脱硫装置(16)的入口连通,脱硫装置(16)的出口与冷干机装置(17)的进口相连,冷干机装置(17)的出口与过滤器装置(18)的进口连通,过滤器装置(18)的出口与沼气压缩及输送装置(19)的进口连通,沼气压缩及输送装置(19)的出口与燃烧器(2)的燃料入口连通。

2. 根据权利要求1所述的一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统,其特征在于,燃气轮机发电系统还包括燃气轮机发电机组(4),其通过燃气透平(3)发电。

3. 根据权利要求2所述的一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统,其特征在于,工作时,经由沼气压缩及输送装置(19)压缩后的燃料和经由空气压缩机组(1)压缩的空气在燃烧器(2)中混合燃烧,形成高温燃气进入燃气透平(3)做功,带动燃气轮机发电机组(4)发电,燃气透平(3)的排气进入换热器(5)进行换热,换热后的乏汽从烟囱排出。

4. 根据权利要求1所述的一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统,其特征在于,超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环发电系统还包括超临界二氧化碳透平发电机(12),其通过超临界二氧化碳透平(11)发电。

5. 根据权利要求1所述的一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统,其特征在于,超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环发电系统采用超临界二氧化碳为工质。

6. 根据权利要求5所述的一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统,其特征在于,工作时,超临界二氧化碳透平(11)出口的二氧化碳流体先进入高温回热器(6)进行放热,后进入低温回热器(7)进行换热;而后,一部分流体直接通往再压缩机(10)被压缩;另一部分流体先经预冷器(8)冷却后再进入主压缩机(9)压缩,然后通过低温回热器(7)回热到与直接被再压缩机(10)压缩的流体相同的温度,混合后,一起再流经高温回热器(6)、换热器(5)进行热交换,最后流入超临界二氧化碳透平(11)做功,实现闭式循环。

7. 根据权利要求1所述的一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统,其特征在在于,沼气生产及净化系统还包括泵(14),混合池(13)的出口通过泵(14)与发酵装置(15)的进口连通。

8. 根据权利要求7所述的一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统,其特征在在于,工作时,有机废物首先进入混合池中进行混合,混合后,通过泵(14)把混合后的有机废物送入发酵装置(15)中,在发酵装置(15)中的厌氧环境下,通过厌氧微生物的降解下,产生沼气;产生的沼气首先进入脱硫装置(16)中进行脱硫处理,沼气从脱硫装置(16)流出后进入冷干机装置(17),经冷干机装置(17)冷却,排除凝结水和游离水,然后进入过滤器装置(18),过滤掉杂质,以保证进入燃气发电系统的沼气纯度,从过滤器装置(18)流出的沼气,经沼气压缩及输送装置(19)压缩后送入燃气发电系统的燃烧器(2)中,和空气进行混合燃烧。

一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统。

背景技术

[0002] 沼气发电技术是集环保和节能于一体的能源综合利用新技术。它是利用工业、农业或城镇生活中的大量有机废弃物(例如酒糟液、禽畜粪、城市垃圾和污水等),经厌氧发酵处理产生的沼气,驱动沼气发电机组发电,并可充分将发电机组的余热用于沼气生产。沼气发电热电联产项目的热效率,视发电设备的不同而有较大的区别,如使用燃气内燃机,其热效率为70%~75%之间,而如使用燃气透平和余热锅炉,在补燃的情况下,热效率可以达到90%以上。沼气发电技术本身提供的是清洁能源,不仅解决了沼气工程中的环境问题、消耗了大量废弃物、保护了环境、减少了温室气体的排放,而且变废为宝,产生了大量的热能和电能,符合能源再循环利用的环保理念,同时也带来巨大的经济效益。

[0003] 利用超临界流体拟临界区物性突变现象,将压缩机运行点设置在拟临界温度附近的大密度区,将换热器运行点设置在拟临界温度之后的低密度区,可以在保证气体冷却的前提下,降低压缩功耗,实现较高的效率。超临界流体的这一性质使其作为能量转换工质时具有明显的优势。二氧化碳(CO_2)由于其临界压力相对适中(7.38MPa),具有较好的稳定性和核物理性质,在一定的温度范围内表现出惰性气体的性质,以及其无毒、储量丰富、天然存在等特性,被认为是最具应用前景的能量传输和能量转换工质之一。由于超临界二氧化碳(S-CO_2)在一定的运行参数范围内密度较大且无相变,因此以 S-CO_2 为工质的压缩机、气轮机等动力系统设备结构紧凑、体积较小。布雷顿循环每个组合可以产出20MW的电力,占用空间只有四个立方米。超临界二氧化碳(S-CO_2)布雷顿循环轮机通常用于大型热力和核能发电方面,包括下一代动力反应堆,目标是最终取代蒸汽驱动的朗肯循环轮机(效率较低,高温条件存在腐蚀性,同时由于需要非常大的轮机和冷凝器来处理多余的蒸汽,占用空间是30倍)。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种能够提高系统整体效率,同时能为沼气发电系统以及超临界二氧化碳(S-CO_2)再压缩布雷顿(Brayton)动力循环的运用提供新思路的新型发电系统。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0006] 一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统,包括燃气轮机发电系统、超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环发电系统和沼气生产及净化系统;其中,

[0007] 燃气轮机发电系统包括空气压缩机组、燃烧器和燃气透平;

[0008] 超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环发电系统包括换热器、高温回热器、低温回热器、预冷器、主压缩机、再压缩机和超临界二氧化碳透平;

[0009] 沼气生产及净化系统包括混合池、发酵装置、脱硫装置、冷干机装置、过滤器装置

和沼气压缩及输送装置；

[0010] 空气压缩机组的压缩空气出口与燃烧器的压缩空气入口连接,燃烧器的燃料入口与沼气压缩及输送装置的出口相连接,燃烧器的出口与燃气透平的进口连接,燃气透平的出口与换热器的进口连接；

[0011] 换热器的出口与超临界二氧化碳透平的进口相连,超临界二氧化碳透平的出口与高温回热器的高温侧流体进口连通,高温回热器的高温侧流体出口与低温回热器的高温侧流体进口连通,低温回热器的高温侧流体出口分为两路,一路与预冷器的进口连通,另一路与再压缩机的进口连通,预冷器的出口与主压缩机的进口连通,主压缩机的出口与低温回热器的低温侧流体进口连通,低温回热器的低温侧流体出口与再压缩机的出口汇合后与高温回热器的低温侧流体进口连通,高温回热器的低温侧流体出口与换热器的进口连通；

[0012] 混合池的原料入口与有机废物的输送管道的出口连通,混合池的出口与发酵装置的进口连通,发酵装置的出口与脱硫装置的入口连通,脱硫装置的出口与冷干机装置的进口相连,冷干机装置的出口与过滤器装置的进口连通,过滤器装置的出口与沼气压缩及输送装置的进口连通,沼气压缩及输送装置的出口与燃烧器的燃料入口连通。

[0013] 本发明进一步的改进在于,燃气轮机发电系统还包括燃气轮机发电机组,其通过燃气透平发电。

[0014] 本发明进一步的改进在于,工作时,经由沼气压缩及输送装置压缩后的燃料和经由空气压缩机组压缩的空气在燃烧器中混合燃烧,形成高温燃气进入燃气透平做功,带动燃气轮机发电机组发电,燃气透平的排气进入换热器进行换热,换热后的乏汽从烟囱排出。

[0015] 本发明进一步的改进在于,超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环发电系统还包括超临界二氧化碳透平发电机,其通过超临界二氧化碳透平发电。

[0016] 本发明进一步的改进在于,超临界二氧化碳再压缩布雷顿动力循环发电系统采用超临界二氧化碳为工质。

[0017] 本发明进一步的改进在于,工作时,超临界二氧化碳透平出口的二氧化碳流体先进入高温回热器进行放热,后进入低温回热器进行换热；而后,一部分流体直接通往再压缩机被压缩；另一部分流体先经预冷器冷却后再进入主压缩机压缩,然后通过低温回热器回热到与直接被再压缩机压缩的流体相同的温度,混合后,一起再流经高温回热器、换热器进行热交换,最后流入超临界二氧化碳透平做功,实现闭式循环。

[0018] 本发明进一步的改进在于,沼气生产及净化系统还包括泵,混合池的出口通过泵与发酵装置的进口连通。

[0019] 本发明进一步的改进在于,工作时,有机废物首先进入混合池中进行混合,混合后,通过泵把混合后的有机废物送入发酵装置中,在发酵装置中的厌氧环境下,通过厌氧微生物的降解下,产生沼气；产生的沼气首先进入脱硫装置中进行脱硫处理,沼气从脱硫装置流出后进入冷干机装置,经冷干机装置冷却,排除凝结水和游离水,然后进入过滤器装置,过滤掉杂质,以保证进入燃气发电系统的沼气纯度,从过滤器装置流出的沼气,经沼气压缩及输送装置压缩后送入燃气发电系统的燃烧器中,和空气进行混合燃烧。

[0020] 本发明具有如下的技术方案：

[0021] 本发明中通过沼气生产及净化系统把有机废物转化成洁净的沼气,作为燃气轮机的燃料,燃气轮机的排气作为超临界二氧化碳($S\text{-CO}_2$)再压缩布雷顿(Brayton)动力循环发

电系统的热源,实现沼气-超临界二氧化碳(S-CO₂)再压缩布雷顿(Brayton)联合动力循环,超临界二氧化碳(S-CO₂)再压缩布雷顿(Brayton)动力循环通过二氧化碳透平拖动发电机组产生电能。综合了沼气生产及净化系统、燃气轮机发电系统和超临界二氧化碳(S-CO₂)再压缩布雷顿(Brayton)动力循环发电系统,提供稳定的电源,提高了系统整体效率,同时为沼气发电系统以及超临界二氧化碳(S-CO₂)再压缩布雷顿(Brayton)动力循环的运用提供了新的思路。

[0022] 其中,燃气-超临界二氧化碳再压缩布雷顿联合循环中的燃气轮机发电系统,燃气透平后设置有换热器,实现燃气与超临界二氧化碳(S-CO₂)再压缩布雷顿(Brayton)循环之间的能量传递。

[0023] 燃气-超临界二氧化碳再压缩布雷顿联合循环中的超临界二氧化碳(S-CO₂)布雷顿(Brayton)动力循环发电系统使用超临界二氧化碳(S-CO₂)为工质,为充分利用二氧化碳在临界点附近密度较大、所需压缩功较小的优势,系统中的超临界二氧化碳(S-CO₂)布雷顿(Brayton)动力循环中采用分流再压缩循环,循环系统中具有主压缩机和再压缩机两台压缩机。

[0024] 此外,燃气-超临界二氧化碳再压缩布雷顿联合循环中的超临界二氧化碳(S-CO₂)布雷顿(Brayton)动力循环发电系统使用超临界二氧化碳(S-CO₂)为工质,为避免布雷顿(Brayton)循环中换热器出现夹点,影响换热,降低循环效率,系统中的超临界二氧化碳(S-CO₂)布雷顿(Brayton)动力循环中采用两个回热器,循环系统中具有高温回热器和低温回热器。

附图说明

[0025] 图1是本发明结构示意图;

[0026] 图中:1、空气压缩机组,2、燃烧器,3、燃气透平,4、燃气轮机发电机组,5、换热器,6、高温回热器,7、低温回热器,8、预冷器,9、主压缩机,10、再压缩机,11、超临界二氧化碳透平,12、超临界二氧化碳透平发电机,13、混合池,14、泵,15、发酵装置,16、脱硫装置、17、冷干机装置、18、过滤器装置、19、沼气压缩及输送装置。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图对本发明进行详细说明。

[0028] 参见图1,本发明提供了一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统,包括空气压缩机组1、燃烧器2、燃气透平3和燃气轮机发电机组4,空气压缩机组1的压缩空气出口与燃烧器2的压缩空气入口连接,燃烧器2的燃料入口与沼气压缩及输送装置19的出口相连接,燃烧器2的出口与燃气透平3的进口连接,燃气透平3的出口与换热器5的进口连接;经由沼气压缩及输送装置19压缩后的燃料和经由空气压缩机组1压缩的空气在燃烧器2中混合燃烧,形成高温燃气进入燃气透平3做功,带动燃气轮机发电机组4发电,燃气透平3的排气进入换热器5进行换热,换热后的乏汽从烟囱排出。

[0029] 所述的超临界二氧化碳(S-CO₂)再压缩布雷顿(Brayton)动力循环发电系统包括换热器5、高温回热器6、低温回热器7、预冷器8、主压缩机9、再压缩机10、超临界二氧化碳透平11和超临界二氧化碳透平发电机12,换热器5的出口与超临界二氧化碳透平11的进口相

连,超临界二氧化碳透平11的出口与高温回热器6的高温侧流体进口连通,高温回热器6的高温侧流体出口与低温回热器7的高温侧流体进口连通,低温回热器7的高温侧流体出口分为两路,一路与预冷器8的进口连通,另一路与再压缩机10的进口连通,预冷器8的出口与主压缩机9的进口连通,主压缩机9的出口与低温回热器7的低温侧流体进口连通,低温回热器7的低温侧流体出口与再压缩机10的出口汇合后与高温回热器6的低温侧流体进口连通,高温回热器6的低温侧流体出口与换热器5的进口连通;超临界二氧化碳($S-CO_2$)透平11出口的二氧化碳流体先进入高温回热器6的高温侧进行放热,后进入低温回热器7的高温侧进行热交换,而后,一部分流体直接通往再压缩机10被压缩;另一部分流体先流入预冷器8冷却后,再进入主压缩机9进行压缩,然后通过低温回热器7的低温侧回热到与直接被再压缩机10压缩的流体相同的温度,混合后一起再流经高温回热器6的低温侧、换热器5进行热交换,最后流入超临界二氧化碳($S-CO_2$)透平11做功,超临界二氧化碳($S-CO_2$)透平11带动超临界二氧化碳透平发电机12发电,实现闭式循环。

[0030] 所述的沼气生产及净化系统包括混合池13、泵14、发酵装置15、脱硫装置16、冷干机装置17、过滤器装置18和沼气压缩及输送装置19,混合池13的原料入口与有机废物的输送管道的出口连通,混合池13的出口与泵14的进口连通,泵14的出口与发酵装置15的进口连通,发酵装置15的出口与脱硫装置16的入口连通,脱硫装置16的出口与冷干机装置17的进口相连,冷干机装置17的出口与过滤器装置18的进口连通,过滤器装置18的出口与沼气压缩及输送装置19的进口连通,沼气压缩及输送装置19的出口与燃烧器2的燃料入口连通;有机废物首先进入混合池13中进行混合,混合后,通过泵14把混合后的有机废物送入发酵装置15中,在发酵装置15中的厌氧环境下,通过厌氧微生物(主要是产甲烷菌)的降解下,产生沼气,产生的沼气首先进入脱硫装置16中进行脱硫处理(主要用于脱除含硫杂质气体,如 H_2S 等酸性物质,防止其腐蚀各种设备),沼气从脱硫装置16流出后进入冷干机装置17,经冷干机装置17冷却,排除凝结水和游离水,然后进入过滤器装置18,过滤掉各种杂质,以保证进入燃气发电系统的沼气纯度,从过滤装置18流出的沼气,经沼气压缩及输送装置19压缩后送入燃气发电系统的燃烧器2中,和空气进行混合燃烧。

[0031] 本发明的一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统中,由于采用了沼气作为整个发电系统的燃料,不仅解决了沼气工程中的环境问题、消耗了大量废弃物、保护了环境、减少了温室气体的排放,而且变废为宝,产生了大量的电能,符合能源再循环利用的环保理念,同时也带来巨大的经济效益。

[0032] 本发明的一种沼气-超临界二氧化碳再压缩循环发电系统中,由于超临界二氧化碳($S-CO_2$)在一定的运行参数范围内密度较大且无相变,因此以超临界二氧化碳($S-CO_2$)为工质的压缩机、气轮机等动力系统设备结构紧凑、体积较小,既节约成本,又节省空间。

[0033] 超临界二氧化碳($S-CO_2$)布雷顿(Brayton)循环系统中,由于采用改进后的再压缩布雷顿循环,这样就避免了简单布雷顿(Brayton)循环出现的换热夹点,降低循环效率的现象,充分利用了超临界二氧化碳在其临界点附近密度较大、所需压缩功较小的优势。

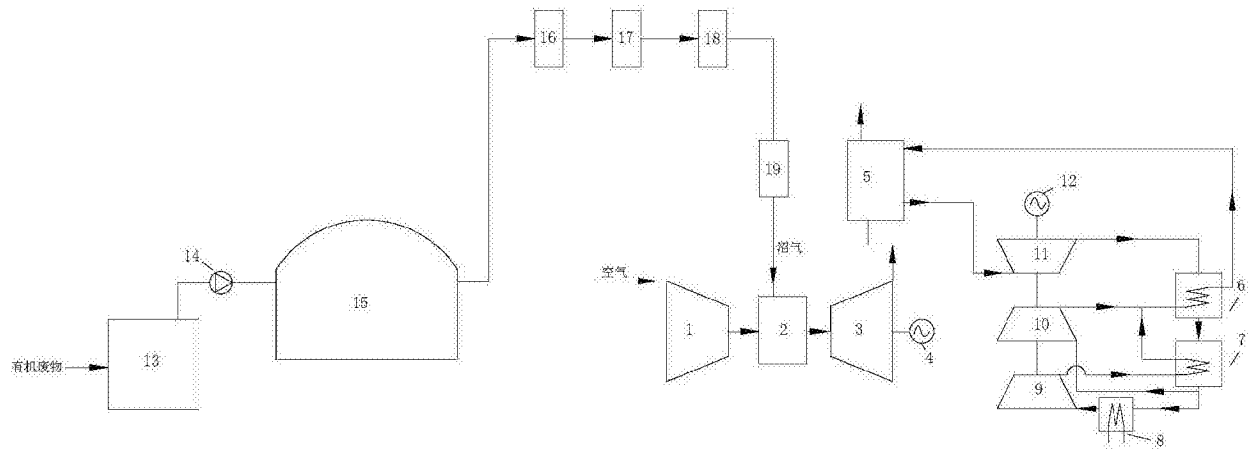


图1