(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108843418 A
(43)申请公布日 2018.11.20

(21)申请号 201810726238.0

(22)申请日 2018.07.04

(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 张一帆 李红智 聂鹏 张纯 姚明宇

(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 25/10(2006.01)
F01K 7/32(2006.01)
F01K 11/02(2006.01)
F01K 13/00(2006.01)
F01K 17/04(2006.01)
F02C 6/00(2006.01)
F01D 15/08(2006.01)
F01D 15/10(2006.01)

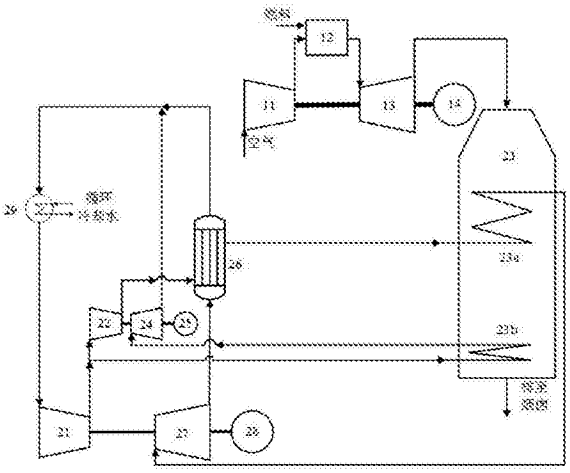
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种双压高效燃气超临界二氧化碳联合循环发电系统

(57)摘要

本发明公开了一种双压高效燃气超临界二氧化碳联合循环发电系统，包括顶层燃气轮机循环系统及底层超临界二氧化碳布雷顿循环系统，其中，所述底层超临界二氧化碳布雷顿循环系统包括超临界二氧化碳余热锅炉、回热器、高压加热器、高压透平、低压透平、低压压缩机、高压压缩机、第一发电机及第二发电机，该发电系统能够实现超临界二氧化碳余热锅炉能量的梯级利用，同时底层循环效率较高，系统整体发电效率较高。



CN 108843418 A

1.一种双压高效燃气超临界二氧化碳联合循环发电系统，其特征在于，包括顶层燃气轮机循环系统及底层超临界二氧化碳布雷顿循环系统，其中，所述底层超临界二氧化碳布雷顿循环系统包括超临界二氧化碳余热锅炉(23)、回热器(26)、高压加热器(23a)、高压透平(27)、低压透平(24)、低压压缩机(21)、高压压缩机(22)、第一发电机(28)及第二发电机(25)；

顶层燃气轮机循环系统的烟气出口与超临界二氧化碳余热锅炉(23)的烟气入口相连通，超临界二氧化碳余热锅炉(23)内沿烟气流动的方向依次设置有高压加热器(23a)及低压加热器(23b)，其中，回热器(26)的吸热侧出口与高压加热器(23a)的入口相连通，高压加热器(23a)的出口与高压透平(27)的入口相连通，高压透平(27)的出口与回热器(26)的放热侧入口相连通，回热器(26)的放热侧出口与低压透平(24)的出口通过管道并管后与低压压缩机(21)的入口相连通，低压压缩机(21)的出口与高压压缩机(22)的入口及低压加热器(23b)的入口相连通，低压加热器(23b)的出口与低压透平(24)的入口相连通，高压压缩机(22)的出口与回热器(26)的吸热侧入口相连通；

高压透平(27)与第一发电机(28)及低压压缩机(21)相连接；低压透平(24)与高压压缩机(22)及第二发电机(25)相连接。

2.根据权利要求1所述的双压高效燃气超临界二氧化碳联合循环发电系统，其特征在于，回热器(26)的放热侧出口与低压透平(24)的出口通过管道并管后经预冷器(29)与低压压缩机(21)的入口相连通。

3.根据权利要求1所述的双压高效燃气超临界二氧化碳联合循环发电系统，其特征在于，所述顶层燃气轮机循环系统包括燃料管道、压气机(11)、燃烧室(12)、燃气透平(13)及第三发电机(14)，其中，压气机(11)的出口及燃料管道与燃烧室(12)的入口相连通，燃烧室(12)的出口与燃气透平(13)的入口相连通，燃气透平(13)的出口与超临界二氧化碳余热锅炉(23)的入口相连通，燃气透平(13)与压气机(11)及第三发电机(14)相连接。

4.根据权利要求1所述的双压高效燃气超临界二氧化碳联合循环发电系统，其特征在于，低压透平(24)、高压压缩机(22)及第二发电机(25)同轴布置；高压透平(27)、低压压缩机(21)及第一发电机(28)同轴布置。

5.根据权利要求3所述的双压高效燃气超临界二氧化碳联合循环发电系统，其特征在于，燃气透平(13)、压气机(11)及第三发电机(14)同轴布置。

一种双压高效燃气超临界二氧化碳联合循环发电系统

技术领域

[0001] 本发明属于联合循环发电领域，涉及一种双压高效燃气超临界二氧化碳联合循环发电系统。

背景技术

[0002] 燃气轮机具有启动方便快捷、运行灵活、变负荷相应快的特点以及占地少、效率高、污染小、建设工期短等优点，在最近几年来迅速发展，已经成为提供清洁、可靠、高质量发电及冷热电联供的最佳方式。但是，燃气轮机排烟温度高，一般为450～600℃，如果直接排放到大气当中，不仅造成能量的损失，使得燃机的热利用率低，还会污染环境。目前，燃气轮机单循环热效率一般为20％～42％。

[0003] 燃气轮机余热利用的方法大致可以分为以下几类：1.燃气蒸汽联合循环发电。其特点是采用两个不同工质、不同参数、独立的动力循环，整体发电效率高，目前大多数重型燃机均采用燃气蒸汽联合循环。2.蒸汽回注式燃气轮机余热利用。其特点是利用简单循环燃气轮机的排气余热产生过热蒸汽，将此过热蒸汽回注入该燃气轮机，与以空气为代表的第一种工质共同参与循环做功。设备小，投资低。多用于航空母舰新型推进动力的主动力装置等。3.燃气轮机内环水余热加热进气。其特点是回收各种设备的冷却水的低温废热，预热燃气，提高效率。投资较小，效率提升一般。目前应用较少。4.导热油回收燃机余热。其特点是用于天然气深冷初加工系统，通过烟气余热加热稳前原油，节能效果明显。适用范围限制较大。多用于油气田。5.燃气轮机余热制冷进气。余热制冷进气的回热燃气轮机是一种由吸收式制冷机和回热式燃气轮机组合而成的联合动力装置。节能效果明显，但是简单循环燃气轮机改装成回热燃气轮机技术上的实际困难，且对吸收式制冷机性能要求高。理论上可用于多数燃机，但是实施技术难度大。

[0004] 由此可见，联合循环发电必将是未来高效发电的一种重要形式。但是，现有的燃气蒸汽联合循环中，单压余热锅炉排烟温度约为160～200℃，双压余热锅炉排烟温度约为100～130℃，三压余热锅炉排烟温度约为80～90℃。对于几乎不含硫的天然气，其烟气露点温度约为43～53℃，排烟温度原则上只要高于露点10℃即可避免排烟段受热面的低温腐蚀。因此，仍然有较大的余热利用空间。

[0005] 此外，基于蒸汽朗肯循环的底层循环效率偏低，是否可以采用更为先进的动力循环作为底层循环，进一步提高联合循环的效率，也成为国内外研究者关心的问题。

[0006] 相比于蒸汽朗肯循环，超临界二氧化碳循环有着临界点适中、循环效率高等特点。其用作底层循环时，可进一步提升联合循环发电效率。然而经调研，目前国内外关于燃气超临界二氧化碳联合循环的研究刚刚起步，更是鲜有涉及超临界二氧化碳余热锅炉能量梯级利用的研究。因此，还需要大量的原创性工作。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于克服上述现有技术的缺点，提供了一种双压高效燃气超临界二

氧化碳联合循环发电系统，该发电系统能够实现超临界二氧化碳余热锅炉能量的梯级利用，同时底层循环效率较高，系统整体发电效率较高。

[0008] 为达到上述目的，本发明所述的双压高效燃气超临界二氧化碳联合循环发电系统包括顶层燃气轮机循环系统及底层超临界二氧化碳布雷顿循环系统，其中，所述底层超临界二氧化碳布雷顿循环系统包括超临界二氧化碳余热锅炉、回热器、高压加热器、高压透平、低压透平、低压压缩机、高压压缩机、第一发电机及第二发电机；

[0009] 顶层燃气轮机循环系统的烟气出口与超临界二氧化碳余热锅炉的烟气入口相连通，超临界二氧化碳余热锅炉内沿烟气流动的方向依次设置有高压加热器及低压加热器，其中，回热器的吸热侧出口与高压加热器的入口相连通，高压加热器的出口与高压透平的入口相连通，高压透平的出口与回热器的放热侧入口相连通，回热器的放热侧出口与低压透平的出口通过管道并管后与低压压缩机的入口相连通，低压压缩机的出口与高压压缩机的入口及低压加热器的入口相连通，低压加热器的出口与低压透平的入口相连通，高压压缩机的出口与回热器的吸热侧入口相连通；

[0010] 高压透平与第一发电机及低压压缩机相连接；低压透平与高压压缩机及第二发电机相连接。

[0011] 回热器的放热侧出口与低压透平的出口通过管道并管后经预冷器与低压压缩机的入口相连通。

[0012] 所述顶层燃气轮机循环系统包括燃料管道、压气机、燃烧室、燃气透平及第三发电机，其中，压气机的出口及燃料管道与燃烧室的入口相连通，燃烧室的出口与燃气透平的入口相连通，燃气透平的出口与超临界二氧化碳余热锅炉的入口相连通，燃气透平与压气机及第三发电机相连接。

[0013] 低压透平、高压压缩机及第二发电机同轴布置；高压透平、低压压缩机及第一发电机同轴布置。

[0014] 燃气透平、压气机及第三发电机同轴布置。

[0015] 本发明具有以下有益效果：

[0016] 本发明所述的双压高效燃气超临界二氧化碳联合循环发电系统在具体操作时，通过高压加热器及低压加热器实现超临界二氧化碳余热锅炉内烟气热量的阶梯利用，然后利用吸收的热量带动第一发电机及第二发电机发电。另外，需要说明的是，高压加热器所在回路与低压加热器所在回路属于并联关系，两者的流量之和等于系统的总流量，在实际操作时，可以通过调节高压加热器所在回路与低压加热器所在回路的流量，以更好的确保在变负荷过程中余热锅炉内烟气余热的充分利用，以提高底层循环效率及系统整体的发电效率，同时降低系统的排烟温度，经试验，以226.5MW的F级燃机及三压余热锅炉为例，燃气透平的进气温度为1288℃，排气温度为589℃，采用本发明后，系统的整体发电效率可提升接近2个百分点。

[0017] 进一步，低压透平、高压压缩机及第二发电机同轴布置，高压透平、低压压缩机及第一发电机同轴布置，进一步提升底层循环的发电效率。

附图说明

[0018] 图1为本发明的结构示意图。

[0019] 其中，11为压气机、12为燃烧室、13为燃气透平、14为第三发电机、21为低压压缩机、22为高压压缩机、23为超临界二氧化碳余热锅炉、23a为高压加热器、23b为低压加热器、24为低压透平、25为第二发电机、26为回热器、27为高压透平、28为第一发电机、29为预冷器。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述：

[0021] 如图1所示，本发明所述的双压高效燃气超临界二氧化碳联合循环发电系统包括顶层燃气轮机循环系统及底层超临界二氧化碳布雷顿循环系统，其中，所述底层超临界二氧化碳布雷顿循环系统包括超临界二氧化碳余热锅炉23、回热器26、高压加热器23a、高压透平27、低压透平24、低压压缩机21、高压压缩机22、第一发电机28及第二发电机25；顶层燃气轮机循环系统的烟气出口与超临界二氧化碳余热锅炉23的烟气入口相连通，超临界二氧化碳余热锅炉23内沿烟气流动的方向依次设置有高压加热器23a及低压加热器23b，其中，回热器26的吸热侧出口与高压加热器23a的入口相连通，高压加热器23a的出口与高压透平27的入口相连通，高压透平27的出口与回热器26的放热侧入口相连通，回热器26的放热侧出口与低压透平24的出口通过管道并管后与低压压缩机21的入口相连通，低压压缩机21的出口与高压压缩机22的入口及低压加热器23b的入口相连通，低压加热器23b的出口与低压透平24的入口相连通，高压压缩机22的出口与回热器26的吸热侧入口相连通；高压透平27与第一发电机28及低压压缩机21相连接；低压透平24与高压压缩机22及第二发电机25相连接，其中，回热器26的放热侧出口与低压透平24的出口通过管道并管后经预冷器29与低压压缩机21的入口相连通。

[0022] 所述顶层燃气轮机循环系统包括燃料管道、压气机11、燃烧室12、燃气透平13及第三发电机14，其中，压气机11的出口及燃料管道与燃烧室12的入口相连通，燃烧室12的出口与燃气透平13的入口相连通，燃气透平13的出口与超临界二氧化碳余热锅炉23的入口相连通，燃气透平13与压气机11及第三发电机14相连接。

[0023] 低压透平24、高压压缩机22及第二发电机25同轴布置；高压透平27、低压压缩机21及第一发电机28同轴布置；燃气透平13、压气机11及第三发电机14同轴布置。

[0024] 本发明的具体工作过程为：

[0025] 经压气机11升压后的空气进入到燃烧室12中，燃料管道输出的燃料进入到燃烧室12，并与经压气机11升压后的空气混合并燃烧，其中，产生的高温气体进入燃气透平13做功，燃气透平13拖动压气机11及第三发电机14工作，燃气透平13排出的气体进入到超临界二氧化碳余热锅炉23中，并以此作为底层循环的热源。

[0026] 在底层超临界二氧化碳布雷顿循环中，经低压压缩机21升压后的超临界二氧化碳分为两路，其中，一路直接进入低压加热器23b中升温，然后进入低压透平24中膨胀做功，另一路经高压压缩机22升压及回热器26升温后进入到高压加热器23a中升温，高压加热器23a输出的高温高压超临界二氧化碳进入高压透平27中膨胀做功，高压透平27排出的乏气通过回热器26降温后与低压透平24输出的乏气汇流后进入到预冷器29中冷却，预冷器29输出的乏汽进入到低压压缩机21，至此，完成整个闭式超临界二氧化碳底层的循环。

[0027] 需要说明的是，本发明中高压加热器23a所在回路与低压加热器23b所在回路属于

并联关系，两者的流量之和等于系统的总流量。通过调节高压加热器23a所在回路及低压加热器23b所在回路的流量，可以更好的保证在变负荷过程中超临界二氧化碳余热锅炉23内烟气余热的充分利用，实现热量的阶梯利用，以降低排烟温度，提升系统效率。

[0028] 以上所述的具体实施方式，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施方式而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

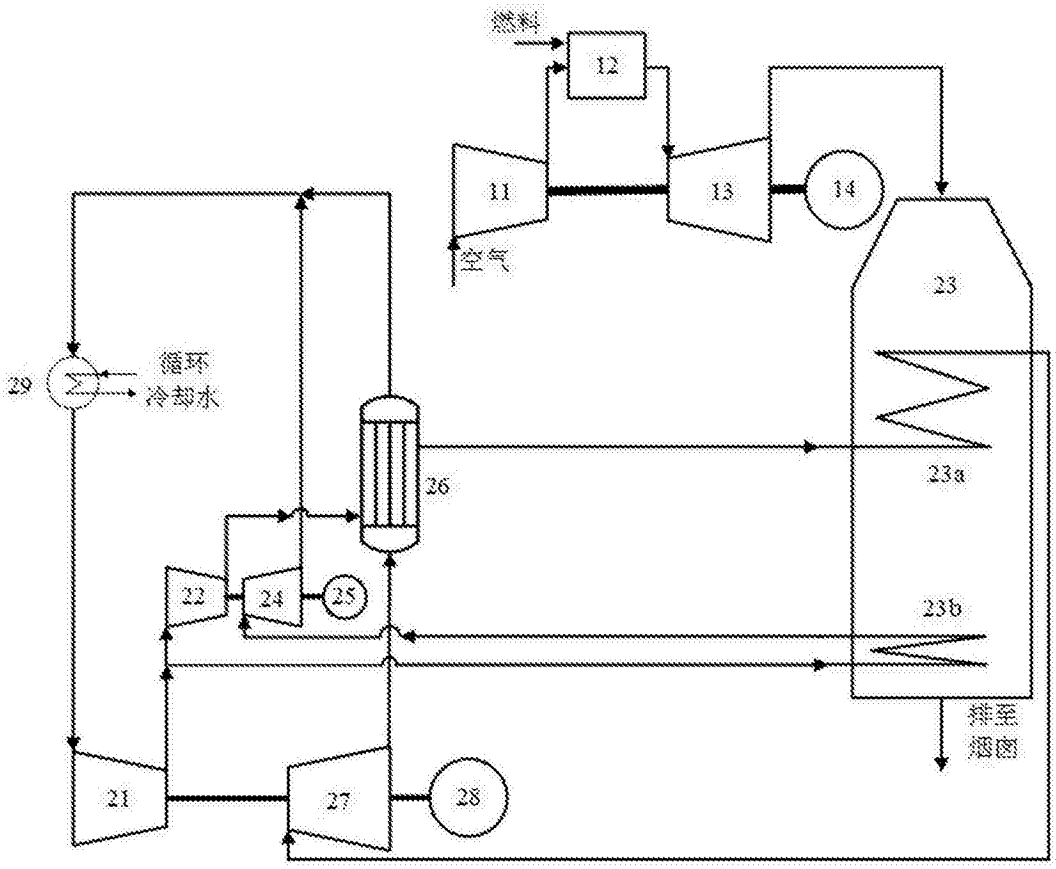


图1