



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102606237 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 30

(21) 申请号 201210056953. 0

F22B 1/18 (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 03. 06

F23L 7/00 (2006. 01)

F23J 15/06 (2006. 01)

(73) 专利权人 广东电网公司电力科学研究院
地址 510080 广东省广州市东风东路水均岗
8号粤电大厦

审查员 郭琦

专利权人 中国科学院工程热物理研究所

(72) 发明人 肖小清 阚伟民 张士杰 肖云汉

(74) 专利代理机构 广州知友专利商标代理有限公司 44104

代理人 周克佑

(51) Int. Cl.

F01K 23/02 (2006. 01)

F01K 17/02 (2006. 01)

F01D 15/10 (2006. 01)

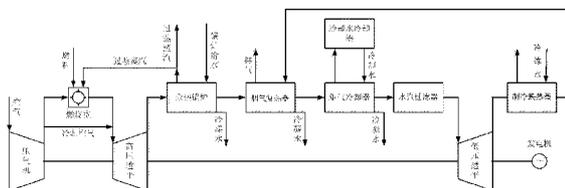
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

基于燃气轮机的开式正逆循环耦合电热冷三联供系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于燃气轮机的开式正逆循环耦合电热冷三联供系统,包括压气机、燃烧室、高压透平和发电机,还包括余热锅炉、烟气复热器、烟气冷却器、低压透平和制冷换热器,所述高压透平的烟气输出端与余热锅炉的烟气输入端相连;所述余热锅炉的蒸汽输出端与燃烧室的蒸汽输入端相连,该余热锅炉的烟气输出端与烟气复热器的热烟气输入端相连;所述烟气复热器的烟气输出端与烟气冷却器的烟气输入端相连;所述烟气冷却器的烟气输出端与低压透平的输入端相连;所述低压透平的烟气输出端与制冷换热器的烟气输入端相连;所述制冷换热器的烟气输出端与烟气复热器的冷烟气输入端相连。本发明可提高一次能源率用率,并保证回收水与耗水的自平衡。



1. 一种基于燃气轮机的开式正逆循环耦合电热冷三联供系统,包括压气机、燃烧室、高压透平和发电机,所述压气机的压缩空气输出端与燃烧室的空气输入端相连,所述燃烧室的烟气输出端与高压透平的输入端相连,所述高压透平的输出轴分别与压气机的叶轮轴、发电机的输入轴相连,其特征在于:还包括余热锅炉、烟气复热器、烟气冷却器、低压透平和制冷换热器,所述高压透平的烟气输出端与余热锅炉的烟气输入端相连;所述余热锅炉的蒸汽输出端与燃烧室的蒸汽输入端相连,该余热锅炉的烟气输出端与烟气复热器的热烟气输入端相连;所述烟气复热器的烟气输出端与烟气冷却器的烟气输入端相连;所述烟气冷却器的烟气输出端与低压透平的输入端相连;所述低压透平的烟气输出端与制冷换热器的烟气输入端相连,所述制冷换热器的冷量输出口输出冷量,所述制冷换热器的烟气输出端与烟气复热器的冷烟气输入端相连。

2. 根据权利要求1所述的基于燃气轮机的开式正逆循环耦合电热冷三联供系统,其特征在于:所述余热锅炉、烟气复热器、烟气冷却器均设有冷凝水回收装置。

3. 根据权利要求1所述的基于燃气轮机的开式正逆循环耦合电热冷三联供系统,其特征在于:还包括冷却水冷却器,该冷却水冷却器的入口与烟气冷却器的冷却水出口相连,该冷却水冷却器的出口与烟气冷却器的冷却水入口相连。

4. 根据权利要求1所述的基于燃气轮机的开式正逆循环耦合电热冷三联供系统,其特征在于:还包括水汽过滤器,该水汽过滤器设于烟气冷却器与低压透平之间,所述烟气冷却器的烟气输出端通过水汽过滤器后与低压透平的输入端相连。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的基于燃气轮机的开式正逆循环耦合电热冷三联供系统,其特征在于:所述余热锅炉包括依次相连的过热器、蒸发器、省煤器,所述高压透平的烟气输出端与过热器的烟气输入端相连,所述过热器的蒸汽输出端与燃烧室的蒸汽输入端相连,所述省煤器的烟气输出端与烟气复热器的热烟气输入端相连。

基于燃气轮机的开式正逆循环耦合电热冷三联供系统

技术领域

[0001] 本发明涉及燃气轮机技术,具体涉及基于燃气轮机的开式正逆循环耦合电热冷三联供系统。

背景技术

[0002] 燃气轮机包括压气机、燃烧室和烟气透平(简称透平),压气机的压缩空气输出端与燃烧室的空气输入端相连,燃烧室的烟气输出端与高压透平的输入端相连。压气机连续地从大气中吸入空气并将其压缩(升压同时升温),压缩后的空气进入燃烧室,与喷入的燃料混合后燃烧,成为高温烟气,随即流入透平中膨胀做功(降压同时降温),透平输出轴转动,带动压气机叶轮一起旋转,余功作为燃气轮机的输出机械功并可连接发电机输入轴而产生电力。

[0003] 为充分利用燃气轮机的排气余热,一般在燃气轮机后部设置余热回收装置,用于产生蒸汽、热水等,最后烟气在100℃左右被排放。由于工质在循环过程中与外界大气相通,故为开式循环。

[0004] 一般情况下,从透平排出的烟气的压力只稍高于大气压力(高出部分仅用于克服后部余热回收装置等部件产生的排气阻力)。此时,燃气轮机将燃料燃烧释放的热能转换为机械能,是正向(热机)循环。当把从透平中排出的不能转化为机械能的热量回收并向外供热时,此时整个装置即构成基于燃气轮机的热电联供系统。再进一步,利用燃气轮机排气中的热量,亦可直接或间接驱动逆向的制冷循环(如烟气吸收式制冷机、蒸汽吸收式制冷机等,产生7℃左右的冷冻水用于制冷),实现对外供冷,此时整个系统即在热电联供系统的基础上构成热、冷、电三联供系统,即相当于在燃气轮机的开式正向循环下再构筑一个闭式逆向制冷循环,形成能源梯级利用的总能系统。然而,现有的热、冷、电三联供系统的热、电、冷输出比固定不变,不够灵活。

[0005] 另外,将余热回收装置中产生的蒸汽回注到燃烧室中,形成蒸汽回注循环,可使工质增加,比功提高;且空气加湿燃烧,降低了NO_x排放。但是,由于空气加湿,水(蒸汽)跟随排烟一同被排到大气,而系统需要时时补充新水,需要消耗大量水,要达到回收水与耗水自平衡的投入大,难度高。同时,由于烟气露点温度低,水回收过程中烟气放出的潜热总量小,利用价值低,最终也导致了较低的一次能源利用率。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题,就是提供一种可提高一次能源利用率、且热、电、冷输出比灵活可变的基于燃气轮机的开式正逆循环耦合电热冷三联供系统。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明采取的技术方案如下:

[0008] 一种基于燃气轮机的开式正逆循环耦合电热冷三联供系统,包括压气机、燃烧室、高压透平和发电机,所述压气机的压缩空气输出端与燃烧室的空气输入端相连,所述燃烧室的烟气输出端与高压透平的输入端相连,所述高压透平的输出轴分别与压气机的叶轮

轴、发电机的输入轴相连,其特征在于:还包括余热锅炉、烟气复热器、烟气冷却器、低压透平和制冷换热器,所述高压透平的烟气输出端与余热锅炉的烟气输入端相连;所述余热锅炉的蒸汽输出端与燃烧室的蒸汽输入端相连,该余热锅炉的烟气输出端与烟气复热器的热烟气输入端相连;所述烟气复热器的烟气输出端与烟气冷却器的烟气输入端相连;所述烟气冷却器的烟气输出端与低压透平的输入端相连;所述低压透平的烟气输出端与制冷换热器的烟气输入端相连,所述制冷换热器的冷量输出口输出冷量;所述制冷换热器的烟气输出端与烟气复热器的冷烟气输入端相连。

[0009] 经压气机压缩后的空气进入燃烧室形成高温烟气后,进入高压透平做功并旋转带动发电机发电;经高压透平输出的高温烟气将余热锅炉的锅炉给水加热成过热蒸汽,该过热蒸汽通过余热锅炉的蒸汽输出端输出并注入燃烧室,以提高燃气轮机的做功能力;余热锅炉输出的烟气输入烟气复热器加热制冷换热器制冷后温度较低的烟气,以便排入大气;经烟气复热器输出的烟气进入烟气冷却器冷却,用于将烟气冷却到环境温度;经烟气冷却器输出的烟气进入低压透平,膨胀做功输出低温烟气进入制冷换热器,通过制冷换热器的冷量输出口输出冷量。

[0010] 在上述基础上,本发明可作如下改进:

[0011] 本发明所述余热锅炉、烟气复热器、烟气冷却器均设有冷凝水回收装置,以便将烟气中的水蒸汽在余热锅炉、烟气复热器、烟气冷却器凝结成的水回收。

[0012] 本发明还包括冷却水冷却器,该冷却水冷却器的入口与烟气冷却器的冷却水出口相连,该冷却水冷却器的出口与烟气冷却器的冷却水入口相连,以便循环使用冷却水。

[0013] 本发明还包括水汽过滤器,该水汽过滤器设于烟气冷却器与低压透平之间,所述烟气冷却器的烟气输出端通过水滴过滤器后与低压透平的输入端相连,以便过滤进入低压透平前烟气中的水汽,减小水汽对透平的损害。

[0014] 本发明所述余热锅炉包括依次相连的过热器、蒸发器、省煤器,所述高压透平的烟气输出端与过热器的烟气输入端相连,所述过热器的蒸汽输出端与燃烧室的蒸汽输入端相连,所述省煤器的烟气输出端与烟气复热器的热烟气输入端相连。

[0015] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0016] 本发明可在一个燃气轮机内同时实现电、热、冷三联供,同时装置提供的冷量可远低于环境温度,且热、电、冷输出比可灵活调变。由于正逆循环耦合,从烟气中高效回收蒸汽潜热,基于燃料高位热值 HHV 的系统理论一次能源利用率可高于 100%,回收水量亦可超过燃烧室蒸汽注入量,保证了回收水与耗水自平衡。

附图说明

[0017] 图 1 是本发明三联供系统的工作流程示意图;

[0018] 图 2 是本发明三联供系统的连接示意图。

[0019] 图中:1、压气机,2、燃烧室,3、高压透平,4、过热器,5、蒸发器,

[0020] 6、省煤器,7、烟气冷却器,8、水汽过滤器,9、低压透平,

[0021] 10、制冷换热器,11、水泵,12、冷却水冷却器,13、发电机,

[0022] 14、烟气复热器。

具体实施方式

[0023] 如图 1 所示的基于燃气轮机的开式正逆循环耦合电热冷三联供系统,包括压气机 1、燃烧室 2、高压透平 3、发电机 13、余热锅炉、烟气复热器 14、烟气冷却器 7、低压透平 9 和制冷换热器 10,压气机 1 的压缩空气输出端与燃烧室 2 的空气输入端相连,燃烧室 2 的烟气输出端与高压透平 3 的输入端相连,高压透平 3 的输出轴分别与压气机 1 的叶轮轴、发电机 13 的输入轴相连,高压透平 3 的输出轴同时带动压气机 1 的叶轮轴、发电机 13 的输入轴旋转,高压透平 3 的烟气输出端与余热锅炉的烟气输入端相连;余热锅炉的蒸汽输出端与燃烧室 2 的蒸汽输入端相连,该余热锅炉的烟气输出端与烟气复热器 14 的热烟气输入端相连;烟气复热器 14 的烟气输出端与烟气冷却器 7 的烟气输入端相连;烟气冷却器 7 的烟气输出端与低压透平 9 的输入端相连;低压透平 9 的烟气输出端与制冷换热器 10 的烟气输入端相连,制冷换热器 10 的冷量输出口输出冷量;制冷换热器 10 的烟气输出端与烟气复热器 14 的冷烟气输入端相连,烟气复热器 14 用于重新加热制冷换热器 10 输出的冷烟气。

[0024] 其中,余热锅炉包括依次相连的过热器 4、蒸发器 5、省煤器 6,高压透平 3 的烟气输出端与过热器 4 的烟气输入端相连,过热器 4 的蒸汽输出端与燃烧室 2 的蒸汽输入端相连,省煤器 6 的烟气输出端与烟气复热器 14 的热烟气输入端相连。高压透平 3 输出的高温烟气输送至余热锅炉的烟气输入端,即过热器 4 的烟气输入端。锅炉给水首先进入省煤器 6,水在省煤器 6 内吸收热量升温,形成热水后进入蒸发器 5 吸收热量开始产汽,在蒸发器 5 内流动的汽水混合物经汽水分离并形成饱和蒸汽后,饱和蒸汽进入过热器 4,吸收热量使饱和蒸汽变成过热蒸汽,过热蒸汽用于对外供热。

[0025] 在余热锅炉、烟气复热器 14、烟气冷却器 7 中均设有冷凝水回收装置,以便将烟气中的水蒸汽在余热锅炉、烟气复热器 14、烟气冷却器 7 凝结成的水回收,水蒸汽冷凝过程中同时也释放大潜热。

[0026] 本系统还设置有用于冷却冷却水的冷却水冷却器 12,该冷却水冷却器 12 的入口与烟气冷却器 7 的冷却水出口相连,该冷却水冷却器 12 的出口与烟气冷却器 7 的冷却水入口相连,以水泵 11 作为动力,以便循环使用冷却水。

[0027] 在烟气冷却器 7 与低压透平 9 之间还设置有水汽过滤器 8,用于过滤烟气中的水汽,烟气冷却器 7 的烟气输出端通过水滴过滤器后与低压透平 9 的输入端相连,以便过滤进入低压透平 9 前烟气中的水汽,减小水汽对透平的损害。

[0028] 压气机 1 连续地从大气中吸入空气并将其压缩,压缩后的空气一方面进入燃烧室 2,与喷入的燃料混合后燃烧,形成高温烟气,另一方面压缩空气进入高压透平 3 中用以冷却透平叶片;离开燃气轮机燃烧室 2 的烟气通过高压透平 3 膨胀做功并旋转带动发电机 13 发电;高压透平 3 烟气输出端处的烟气达到高于大气压(约数个大气压)水平,利用高压透平 3 排出的高温烟气的热量,将锅炉给水加热成过热蒸汽,同时烟气中的部分水蒸汽在余热锅炉中凝结,凝结水通过冷凝水回收装置加以回收;余热锅炉产生的过热蒸汽通过余热锅炉的蒸汽输出端输出后一方面对外供热,另一方面注入燃烧室 2 用以提高燃气轮机的做功能力;余热锅炉输出的烟气输入烟气复热器 14,以重新加热制冷换热器 10 制冷后温度较低的烟气,使排烟(气)温度高于大气温度,用于提供足够的烟囱驱动力,有利于烟气扩散,达到环保要求,此外可对余热锅炉内的冷凝水加以回收;经烟气复热器 14 输出的烟气进入烟气冷却器 7,用冷却水将烟气进一步冷却到环境温度,烟气中的水蒸汽在烟气冷却

器 7 中继续凝结,凝结水加以回收;冷却水送往冷却水冷却器 12,经冷却的冷却水再送回烟气冷却器 7,以循环使用冷却水;烟气冷却器 7 输出的烟气经过水汽过滤器 8,除去烟气中的水汽;经水汽过滤器 8 输出的一定压力、经冷却、去除水汽的烟气进入低压透平 9,膨胀做功,在低压透平 9 的烟气输出端处烟气压力降到环境大气压力,温度低于环境温度,此低温烟气随即进入制冷换热器 10,该制冷换热器 10 为一用于制冷的换热器,外部较高温度的冷冻水进入制冷换热器 10 后将热量传递给低温烟气,降低冷冻水温度,从而使冷冻水通过制冷换热器 10 的冷量输出口输出冷量,用于对外制冷。

[0029] 本系统的工作原理是:1) 透平膨胀降温:烟气在透平中膨胀做功,伴随着压力的下降,烟气的温度亦下降。当入口烟气参数为 $20^{\circ}\text{C}/4\text{atm}$,透平膨胀比为 4,等熵效率为 90% 时,低压透平后的烟气温度约为 -60°C 。同样条件下,入口烟气参数为 $20^{\circ}\text{C}/10\text{atm}$ 、透平膨胀比为 10 时,低压透平后的烟气温度可达到约 -100°C 。2) 烟气冷凝:烟气因换热温度下降时,烟气中的水蒸气被部分冷凝,冷凝过程中释放出大量潜热。同时,烟气压力升高,露点温度上升,烟气露点温度升高,冷凝放热也可被有效利用。

[0030] 通过高压透平烟气膨胀到高于大气压力水平,通过低压透平继续膨胀到大气压力,同时在高压透平后设置余热锅炉回收高压透平排气热量用于供热或提高燃机做功能力,并设置烟气冷却器使烟气在进入低压透平前降到近环境温度水平,使得烟气在通过低压透平继续膨胀到大气压力后其温度可降到环境温度以下,烟气冷量可用于制冷。通过上述过程,将一般的燃气轮机热机循环拆分成正向热机循环、逆向制冷循环两个互向耦合的开式热力循环,在一个燃气轮机内同时实现了热、电、冷三联供。同时,由于在高、低压透平之间换热时,烟气压力较常压高,烟气露点温度上升,烟气在较高的温度时即开始冷凝,烟气冷却到同样的温度时水回收量大,烟气露点温度升高,冷凝放热也可被有效利用。

[0031] 另外,可通过调整蒸汽注入量,使得其对外供热量和发电量可相互转换,一方多时另一方少,热、电、冷输出比可灵活调变,具有一定的灵活度,而通过调整燃料供给量可改变供能总量。在 ISO 条件下,在压气机压比为 30、燃烧室出口温度为 1280°C 、冷却空气量为压气机总流量的 12%、过热蒸汽参数为 $445^{\circ}\text{C}/3.82\text{MPa}$ 、高压透平膨胀到 4 个大气压、将低压透平入口烟气冷却到 20°C 的情况下,计算得出装置水回收量都大于蒸汽注入量;低压透平后的烟气温度达到约 -60°C 。当过热蒸汽全部供热时,装置产生的电、冷、热功率与燃料输入热功率的比值分别达到约 21%、8%、80%,即一次能源利用率可达到约 109% (LHV);当过热蒸汽 50% 供热、50% 回注燃烧室时,装置产生的电、冷、热功率与燃料输入热功率的比值分别达到约 29%、6%、40%,即一次能源利用率可达到约 75% (LHV)。根据燃气轮机参数选择的不同,本三联供装置中各能量的产出比例、一次能源利用率、低压透平后的烟气温度也会不同。

[0032] 本发明的实施方式不限于此,按照本发明的上述内容,利用本领域的普通技术知识和惯用手段,在不脱离本发明上述基本技术思想前提下,本发明还可以做出其它多种形式的修改、替换或变更,均落在本发明权利保护范围之内。

