



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103790662 A

(43) 申请公布日 2014. 05. 14

(21) 申请号 201410042886. 6

(22) 申请日 2014. 01. 29

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 潘利生 魏小林 史维秀 李博

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51) Int. Cl.

F01K 25/10(2006. 01)

F01K 7/32(2006. 01)

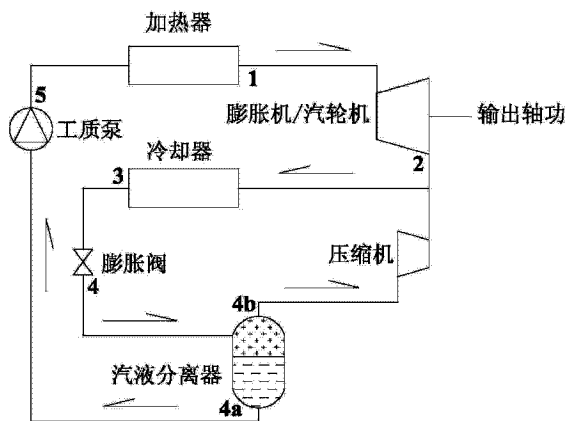
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

跨临界动力循环装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及动力机械技术领域,公开了一种跨临界动力循环装置及方法。该装置包括:膨胀机、冷却器、膨胀阀、气液分离器、工质泵、加热器和压缩机;膨胀机出口与冷却器进口通过管道相连,冷却器出口与膨胀阀进口相连,膨胀阀出口与气液分离器进口相连,气液分离器第一出口与工质泵进口相连,工质泵出口与加热器进口相连,加热器出口与膨胀机进口相连,气液分离器第二出口与压缩机进口相连,压缩机出口与冷却器进口相连;其中,所述装置中采用超临界流体作为循环工质。本发明有利于降低工质泵功耗,提高工质泵的工作稳定性,有利于推进CO₂跨临界动力循环的推广。



1. 一种跨临界动力循环装置,其特征在于,所述装置包括:膨胀机/汽轮机、冷却器、膨胀阀/节流阀/膨胀机、气液分离器、工质泵、加热器和压缩机/引射器;膨胀机/汽轮机出口与冷却器进口通过管道相连,冷却器出口与膨胀阀/节流阀/膨胀机进口相连,膨胀阀/节流阀/膨胀机出口与气液分离器进口相连,气液分离器第一出口与工质泵进口相连,工质泵出口与加热器进口相连,加热器出口与膨胀机/汽轮机进口相连,气液分离器第二出口与压缩机/引射器进口相连,压缩机/引射器出口与冷却器进口相连;其中,所述装置中采用超临界流体作为循环工质。

2. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述超临界流体为CO₂、R116、R13、R23、R41和乙烷中的至少一种。

3. 一种跨临界动力循环方法,其特征在于,所述方法包括步骤:

1) 以超临界流体为循环工质在膨胀机/汽轮机中膨胀并对外输出轴功,做功后的低压乏汽进入冷却器被冷却水超临界冷却;

2) 低压低温的循环工质经膨胀阀/节流阀/膨胀机减压进入两相区状态,两相区状态工质经气液分离器分离成饱和液态工质和饱和气态工质,其中饱和气态工质由压缩机/引射器增压后与乏汽混合,再进入冷却器,而饱和液态工质由工质泵增压,再进入加热器吸收热量成为高压高温的超临界状态;

3) 高压高温的工质重新进入膨胀机/汽轮机膨胀对外输出轴功,从而完成一个循环。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述膨胀阀/节流阀/膨胀机回收工质降压过程的膨胀功。

5. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述饱和气态工质的增压方式为:将分离后的气体工质通过压缩机增压后直接与乏汽混合,或者利用乏汽的较高压力将分离气体引射并混合。

6. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述超临界流体为CO₂、R116、R13、R23、R41和乙烷中的至少一种。

跨临界动力循环装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及动力机械技术领域,特别涉及一种跨临界动力循环装置及方法。

背景技术

[0002] 现有利用气体做功获得动力的机械装置主要有膨胀机和汽轮机等,这些动力机械一般利用气体工质产生的压力推动机械组件。一般情况下,工质的膨胀过程可以采用膨胀阀、节流阀和膨胀机,膨胀机可以回收膨胀功,但两相区膨胀过程的膨胀功一般较小,且回收技术复杂,现有技术中通常采用膨胀阀或节流阀代替膨胀机。

[0003] 目前气液分离的技术比较成熟,工质的回收循环可以选择多种形式的气液分离器。如果节流阀后的工质气液密度差较大,选择简单的重力沉降的方式实现分离,也可以选择分离器中填料或者假设折流板等措施实现高效分离。

[0004] 具体地,现有技术中动力机械完整的循环过程一般采用朗肯循环或卡琳娜循环系统。其中有机朗肯循环(ORC)在低温热源领域具有较高的效率,但其实际应用中受到诸多方面的制约,如工质具有毒性,具有可燃性,热稳定性差及价格较高,其相对应的系统存在密封,工质净化等问题。卡琳娜(Kalina)循环系统复杂,同时工质具有毒性、可燃性和腐蚀性。

发明内容

[0005] 针对现有技术的缺陷,本发明所要解决的技术问题是如何提高动力机械的循环效率并降低工质危害。

[0006] 为解决上述问题,一方面,本发明提供了一种跨临界动力循环装置,包括:膨胀机/汽轮机、冷却器、膨胀阀/节流阀/膨胀机、气液分离器、工质泵、加热器和压缩机/引射器;膨胀机/汽轮机出口与冷却器进口通过管道相连,冷却器出口与膨胀阀/节流阀/膨胀机进口相连,膨胀阀/节流阀/膨胀机出口与气液分离器进口相连,气液分离器第一出口与工质泵进口相连,工质泵出口与加热器进口相连,加热器出口与膨胀机/汽轮机进口相连,气液分离器第二出口与压缩机/引射器进口相连,压缩机/引射器出口与冷却器进口相连;其中,所述装置中采用超临界流体作为循环工质。

[0007] 优选地,所述超临界流体为 CO_2 、R116、R13、R23、R41 和乙烷中的至少一种。

[0008] 另一方面,本发明还同时提供一种跨临界动力循环方法,包括步骤:

[0009] 1) 以超临界流体为循环工质在膨胀机/汽轮机中膨胀并对外输出轴功,做功后的低压乏汽进入冷却器被冷却水超临界冷却;

[0010] 2) 低压低温的循环工质经膨胀阀/节流阀/膨胀机减压进入两相区状态,两相区状态工质经气液分离器分离成饱和液态工质和饱和气态工质,其中饱和气态工质由压缩机/引射器增压后与乏汽混合,再进入冷却器,而饱和液态工质由工质泵增压,再进入加热器吸收热量成为高压高温的超临界状态;

[0011] 3) 高压高温的工质重新进入膨胀机/汽轮机膨胀对外输出轴功,从而完成一个循环。

[0012] 优选地,所述膨胀阀/节流阀/膨胀机回收工质降压过程的膨胀功。

[0013] 优选地,所述饱和气态工质的增压方式为:将分离后的气体工质通过压缩机增压后直接与乏汽混合,或者利用乏汽的较高压力将分离气体引射并混合。

[0014] 优选地,所述超临界流体为 CO₂、R116、R13、R23、R41 和乙烷中的至少一种。

[0015] 本发明采用超临界加热、超临界冷却、工质节流和气液分离相结合的技术,可以实现以常规冷却方法即可得到低温饱和液态 CO₂,有利于降低工质泵功耗,提高工质泵的工作稳定性,有利于推进 CO₂ 跨临界动力循环的推广。

附图说明

[0016] 图 1 为新型跨临界动力循环系统流程图;

[0017] 图 2 为新型跨临界动力循环工质状态。

具体实施方式

[0018] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例为实施本发明的较佳实施方式,所述描述是以说明本发明的一般原则为目的,并非用以限定本发明的范围。本发明的保护范围应当以权利要求所界定者为准,基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0019] 在本发明中,首先提出了一种新型的跨临界动力循环装置,根据热源和冷源实际情况,优化设计系统运行参数。参见图 1,本发明的一个实施例中,所述装置包括:膨胀机(或汽轮机)1、冷却器 2、膨胀阀(或节流阀、或膨胀机)3、气液分离器 4、工质泵 5、加热器 6 和压缩机 7;膨胀机(或汽轮机)1 出口与冷却器 2 进口通过管道相连,冷却器 2 出口与膨胀阀(或节流阀、或膨胀机)3 进口相连,膨胀阀(或节流阀、或膨胀机)3 出口与气液分离器 4 进口相连,气液分离器 4 第一出口 a 与工质泵 5 进口相连,工质泵 5 出口与加热器 6 进口相连,加热器 6 出口与膨胀机(或汽轮机)1 进口相连,气液分离器 4 第二出口 b 与压缩机 7 进口相连,压缩机 7 出口与冷却器 2 进口相连;其中,所述装置中采用超临界流体作为循环工质。

[0020] 超临界流体工质的优势在于液体与气体分界消失,即使提高压力也不会发生液化。超临界流体的物性兼具液体性质与气体性质,它可以视为气态,但又不同于一般气体,而是一种稠密的气态;其密度比一般气体要大两个数量级,与液体相近;它的粘度比液体小,但扩散速度比液体快(约两个数量级),所以有较好的流动性和传递性能;它的介电常数随压力而急剧变化(如介电常数增大有利于溶解一些极性大的物质)。另外,根据压力和温度的不同,这种物性会发生变化。利用超临界流体的特殊性质,可以提高换热性能。

[0021] 基于上述装置,本发明的实施例中提供的跨临界动力循环方法包括步骤:

[0022] 1) 以超临界流体为循环工质在膨胀机或汽轮机中膨胀并对外输出轴功,做功后的低压乏汽进入冷却器被冷却水超临界冷却,冷却到的具体状态根据冷却水现实情况设计;

[0023] 2) 低压低温的循环工质经膨胀阀(或节流阀,或膨胀机)减压进入两相区状态,两相区状态工质经气液分离器分离成饱和液态工质和饱和气态工质,其中饱和气态工质由压缩机(或引射器)增压后与乏汽混合,再进入冷却器,而饱和液态工质由工质泵增压,再进入

加热器吸收热量成为高压高温的超临界状态；

[0024] 3) 高压高温的工质重新进入膨胀机或汽轮机膨胀对外输出轴功,从而完成一个循环。

[0025] 优选地,上述超临界流体为 CO_2 ,还可以应用其他低临界温度物质,如 R116(六氟乙烷)、R13(三氟一氯甲烷)、R23(三氟甲烷)、R41(氟甲烷)、乙烷等有机物。工质的循环状态如图 2 所示,气液分离器中气液相工质质量比例受节流起始点位置的影响,超临界冷却压力一定时,工质膨胀起始点的温度越高,膨胀后得到的两相工质干度越高,气液分离后饱和汽的比例就越高;工质膨胀起始点的温度越低,节流后得到的两相工质干度越低,气液分离后饱和汽的比例就越低。工质膨胀起始点温度越低越有利,但受到冷源流体温度的限制,需根据工程当地情况而定。

[0026] 若采用膨胀机代替膨胀阀或节流阀,可回收工质膨胀功,可采用变转速传动机构将此膨胀机和高压高温膨胀机(汽轮机)的动力输出统一到一根轴上,向外输出轴功,向设备提供动力。采用膨胀机回收膨胀功可以提高循环效率,但回收两相工质膨胀功技术难度较大。

[0027] 本发明设计的饱和气态工质增压可以采用多种方式,可以将分离后的气体工质通过压缩机增压后直接与乏汽混合,也可以利用乏汽的较高压力将分离气体引射并混合,然后进入超临界冷却器。

[0028] 系统中压缩机可采用电能带动,也可将膨胀机(汽轮机)主轴与压缩机主轴采用变转速传动机构连接,采用系统膨胀机(汽轮机)对外输出轴功的一部分带动压缩机工作,从而提高整个系统性能。

[0029] 气液分离器中气液相工质质量比例对循环性能具有重要影响,工质膨胀起始点温度越低,饱和液比例越大,饱和气比例越小,饱和气增压耗功越小,循环效率就越高。

[0030] 本发明提出的新型跨临界 CO_2 动力循环,旨在解决常规跨临界 CO_2 动力循环冷凝过程不易实现的问题。采用超临界冷却、工质节流和气液分离相结合的技术,可以实现以常规冷却方法即可得到低温饱和液态 CO_2 ,有利于降低工质泵功耗,提高工质泵的工作稳定性,有利于推进 CO_2 跨临界动力循环的推广。

[0031] 本发明针对现有的循环形式,选择 CO_2 作为循环工质,并且将 CO_2 冷却过程不容易实现的问题通过节流阀和气液分离器解决。而且还可以根据实际运行参数选择不同的节流起始点,对于热源和循环工况具有灵活的适应性。而且 CO_2 具有无毒,不可燃,环境性能优良,循环性能优良,廉价易得等特点,是一种具有很好发展前景的动力循环工质,尤其是在低温热能动力回收领域具有较好的循环性能。鉴于采用有机工质的跨临界动力循环,由于某些有机工质临界温度较低,同样面临工质难以被常规冷却水冷凝的问题,因此本发明不限于 CO_2 工质,同样可以应用于其他低临界温度物质,如 R116、R13、R23、R41、乙烷等有机物。

[0032] 本发明采用超临界加热、超临界冷却、工质节流和气液分离相结合的技术,可以实现以常规冷却方法即可得到低温饱和液态 CO_2 ,有利于降低工质泵功耗,提高工质泵的工作稳定性,有利于推进 CO_2 跨临界动力循环的推广。

[0033] 工质经过膨胀过程,从温度较高的不能冷凝的超临界状态进入两相区,经过气液分离器产生饱和液态工质和饱和气态工质,与膨胀前的温度较高的超临界工质相比,饱和液态工质密度更大,有利于提高工质泵的效率。

[0034] 膨胀阀与气液分离器两个设备的应用,起到了对工质泵进口工质进行降温降压的作用,回避了 CO₂ 在冷凝器中冷凝的过程,更利于在实际工程中进行推广。

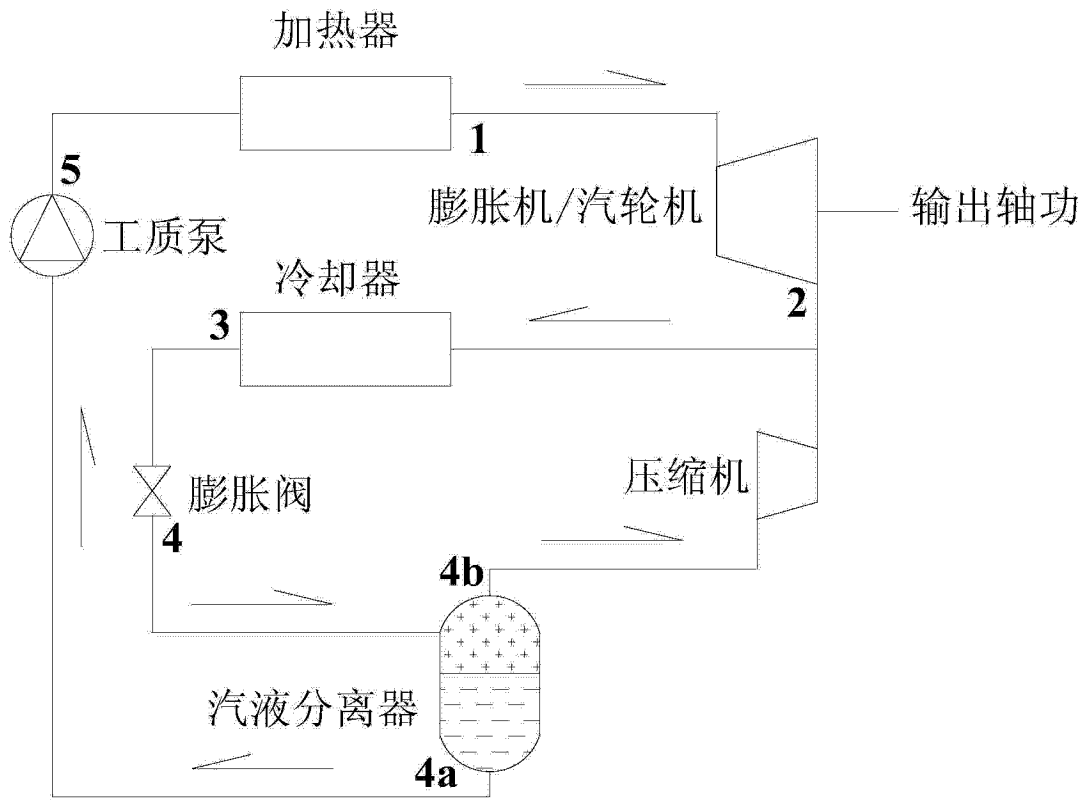


图 1

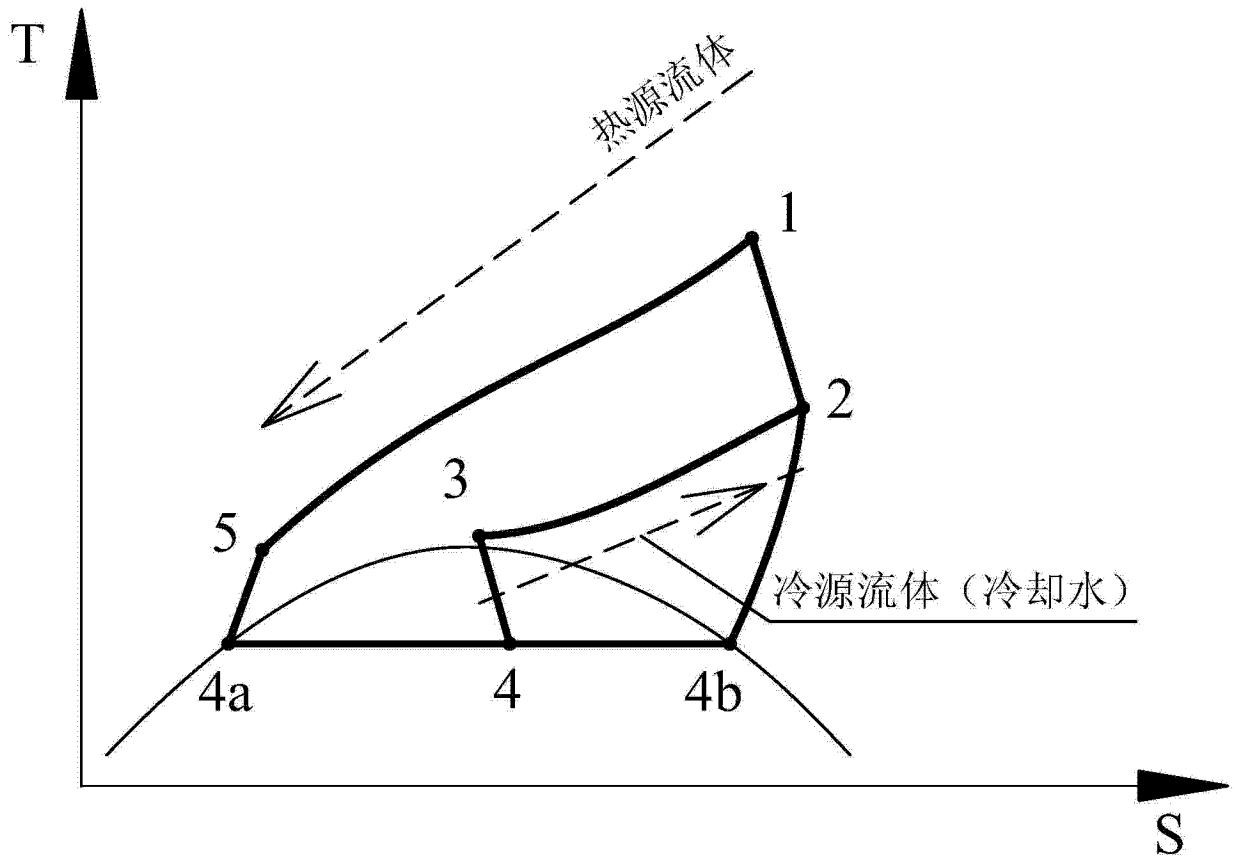


图 2