



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107542508 A

(43)申请公布日 2018.01.05

(21)申请号 201710664988.5

C02F 1/06(2006.01)

(22)申请日 2017.08.07

C02F 103/08(2006.01)

(71)申请人 江苏科技大学

地址 212003 江苏省镇江市梦溪路2号

(72)发明人 杨兴林 李自强 崔海滨 靳玉冬

李俊霞 石园园

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司

公司 32200

代理人 楼高潮

(51)Int.Cl.

F01K 25/08(2006.01)

F01K 23/10(2006.01)

F01D 15/08(2006.01)

F01D 15/10(2006.01)

F22B 1/18(2006.01)

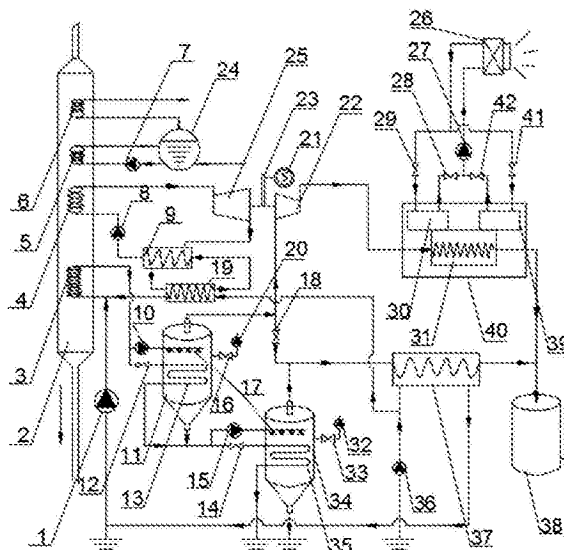
权利要求书3页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置及工作方法

(57)摘要

一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,包括余热锅炉系统、有机工质朗肯循环系统、吸收式热泵系统、海水闪蒸淡化系统、烟气管腔、转轴切换器和发电机。本发明以有机工质朗肯循环装置替代双级余热锅炉系统中的低压级余热锅炉,有效提高热—功转化效率;增加海水闪蒸所吸收的烟气余热,有效提高淡水产量;海水闪蒸淡化系统中一级闪蒸饱和蒸汽经透平机驱动的蒸汽压缩机压缩为过热蒸汽,用来驱动吸收式热泵机组运行,实现船舶舱室温度调节的同时有效避免了烟气直接进吸收式热泵机组造成的腐蚀破坏问题。本发明在余热锅炉、有机工质朗肯循环装置、海水闪蒸淡化装置、吸收式热泵装置配合下实现了船舶烟气余热350~80℃梯级利用的冷热电淡四联产功效。



1. 一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,包括余热锅炉系统、有机工质朗肯循环系统、吸收式热泵系统、海水闪蒸淡化系统、烟气管腔(2)、转轴切换器(23)和发电机(21),其中所述余热锅炉系统包括:锅炉换热器(5)、锅炉过热器(6)、循环泵(7)和余热锅炉(24),所述余热锅炉(24)左下出口连通所述循环泵(7)进口,所述循环泵(7)出口连通所述锅炉换热器(5)进口,所述锅炉换热器(5)出口连通所述余热锅炉(24)左上进口,所述余热锅炉(24)顶部出口连通所述锅炉过热器(6)进口;所述有机工质朗肯循环系统包括:工质换热器(4)、透平机(25)、回热器(9)、冷却器(19)和工质泵(8),所述冷却器(19)右上出口连通所述回热器(9)右侧进口,所述回热器(9)左侧出口连通所述工质泵(8)进口,所述工质泵(8)出口连通所述工质换热器(4)进口,所述工质换热器(4)出口连通所述透平机(25)进口,所述透平机(25)出口连通所述回热器(9)上部进口,所述回热器(9)下部出口连通所述冷却器(19)左上进口;所述吸收式热泵系统包括:吸收式热泵机组(40)、发生器(31)、蒸发器(30)、冷凝器(39)、第一截止阀(29)、第二截止阀(28)、第三截止阀(42)、第四截止阀(41)、供水泵(27)和风机盘管(26),所述吸收式热泵机组(40)中包括所述发生器(31)和所述蒸发器(30)以及所述冷凝器(39),所述蒸发器(30)右上出口连通所述第二截止阀(28)进口,所述冷凝器(39)左上出口连通所述第三截止阀(42)进口,所述第二截止阀(28)和所述第三截止阀(42)的出口连通所述供水泵(27)进口,所述供水泵(27)出口连通所述风机盘管(26)进口,所述风机盘管(26)出口连通所述第一截止阀(29)和所述第四截止阀(41)的进口,所述第一截止阀(29)出口连通所述蒸发器(30)左上进口,所述第四截止阀(41)出口连通所述冷凝器(39)进口;所述海水闪蒸淡化系统包括:一号海水泵(1)、余热回收器(3)、一号喷淋泵(10)、一号流量阀(12)、一号盘管(13)、一级闪蒸罐(11)、第五截止阀(16)、一号真空泵(20)、喷嘴(17)、第六截止阀(18)、蒸汽压缩机(22)、二号喷淋泵(15)、二号流量阀(14)、二号盘管(35)、二级闪蒸罐(34)、第七截止阀(33)、二号真空泵(32)、二号海水泵(36)、凝汽器(37)和淡水桶(38),所述二号海水泵(36)进口通过管道延伸到海水处,所述二号海水泵(36)出口一路连通所述凝汽器(37)左下进口,另一路连通所述有机工质朗肯循环系统中所述冷却器(19)右下进口,所述凝汽器(37)右下出口连通所述一号海水泵(1)进口,同时所述一号海水泵(1)进口还通过管道延伸到海水处,所述一号海水泵(1)的出口与所述冷却器(19)的左下出口连通所述余热回收器(3)进口,所述余热回收器(3)出口连通所述一号喷淋泵(10)和所述一号流量阀(12)的进口,所述一号喷淋泵(10)出口连通所述一级闪蒸罐(11)上部布置有所述喷嘴(17)的盲管,所述一号流量阀(12)出口连通所述一级闪蒸罐(11)中部的所述一号盘管(13)进口,所述一号盘管(13)出口和所述一级闪蒸罐(11)底部出口连通所述二号喷淋泵(15)和所述二号流量阀(14)的进口,所述一级闪蒸罐(11)右侧通过所述第五截止阀(16)连通所述一号真空泵(20),所述一级闪蒸罐(11)顶部出口连通所述蒸汽压缩机(22)和所述第六截止阀(18)的进口,所述蒸汽压缩机(22)出口连通所述吸收式热泵机组(40)的所述发生器(31)进口,所述发生器(31)出口连通所述淡水桶(38)顶部进口,所述二号喷淋泵(15)出口连通所述二级闪蒸罐(34)上部布置有所述喷嘴(17)的盲管,所述二号流量阀(14)出口连通所述二级闪蒸罐(34)中部的所述二号盘管(35)进口,所述二号盘管(35)出口和所述二级闪蒸罐(34)底部出口均通过管道延伸到海水处,所述二级闪蒸罐(34)右侧通过所述第七截止阀(33)连通所述二号真空泵(32),所述二级闪蒸罐(34)顶部出口和所述第六截止阀(18)出口连通所述凝汽器(37)左侧进口,所述凝汽器(37)右侧出口连通所述淡

水桶(38)顶部进口,所述透平机(25)输出轴通过转轴切换器(23)与所述蒸汽压缩机(22)输入轴或所述发电机(21)输入轴传动连接,所述烟气管腔(2)从入口到出口依次布置所述锅炉过热器(6)、所述锅炉换热器(5)、所述工质换热器(4)和所述余热回收器(3)。

2. 根据权利要求1所述的一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,其特征在于:所述风机盘管(26)内置有变频风机。

3. 根据权利要求1所述的一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,其特征在于:所述锅炉过热器(6)、所述锅炉换热器(5)、所述工质换热器(4)和所述余热回收器(3)均为螺旋管式换热器或翅片管式换热器,其中的工质与烟气的换热方式均为逆流换热。

4. 根据权利要求1所述的一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,其特征在于:所述回热器(9)为套管式换热器或钎焊板式换热器。

5. 根据权利要求1所述的一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,其特征在于:所述凝汽器(37)和所述冷却器(19)均为管壳换热器或板式换热器。

6. 根据权利要求1所述的一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,其特征在于:所述蒸发器(30)和所述冷凝器(39)均为管壳式换热器或板式换热器。

7. 根据权利要求1所述的一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,其特征在于:所述蒸汽压缩机(22)为螺杆式蒸汽压缩机或离心式蒸汽压缩机。

8. 根据权利要求1所述的一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,其特征在于:所述发电机(21)为同步交流发电机或异步交流发电机。

9. 根据权利要求1所述的一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,其特征在于:所述一号海水泵(1)、二号海水泵(36)、一号喷淋泵(10)和二号喷淋泵(15)均为离心式海水泵或轴流式海水泵;所述循环泵(7)、工质泵(8)和供水泵(27)均为单级离心泵或轴流循环泵。

10. 根据权利要求1至9任意一项所述的一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置的工作方法,其特征在于具有如下工作方式:

由船舶主机排出的高温烟气经动力涡轮初步利用后,温度降低到 $340\sim 350^{\circ}\text{C}$, $340\sim 350^{\circ}\text{C}$ 的烟气在所述烟气管腔(2)中依次流经所述余热锅炉系统的所述锅炉过热器(6)和所述锅炉换热器(5),经所述余热锅炉(24)对烟气余热回收利用后,烟气温度降低到 $210\sim 220^{\circ}\text{C}$,而所述余热锅炉(24)产生的高温高压蒸汽则进入蒸汽涡轮膨胀做功,蒸汽涡轮带动发电机组发电,完成“热—功—电”转变工作;一级利用后的 $210\sim 220^{\circ}\text{C}$ 烟气再进入所述有机工质朗肯循环系统的所述工质换热器(4)与有机工质液体进行热量交换,烟气余热被有机工质液体吸收后烟气温度降低到 $160\sim 170^{\circ}\text{C}$,而有机工质液体则在吸收烟气余热后变为有机工质蒸汽进入所述透平机(25)膨胀做功,所述透平机(25)的输出轴与所述发电机(21)、所述蒸汽压缩机(22)的输入轴通过所述转轴切换器(23)相连接,所述透平机(25)带动所述发电机(21)发电,也完成“热—功—电”转变工作,或驱动所述蒸汽压缩机(22)将低温饱和蒸汽压缩为高温过热蒸汽,提高蒸汽品质;二级利用后的 $160\sim 170^{\circ}\text{C}$ 烟气进入所述海水闪蒸淡化系统的所述余热回收器(3)与海水进行热量交换,其中 $160\sim 170^{\circ}\text{C}$ 的烟气被海水吸收余热后温度降低到 $80\sim 90^{\circ}\text{C}$ 后沿排气管道排放掉,而换热海水则在吸收烟气余热后温度则上升到 $95\sim 100^{\circ}\text{C}$, $95\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的热海水从所述余热回收器(3)流出先后在所述一级闪蒸罐(11)、所述二级闪蒸罐(34)中闪蒸成对应温度分别为 $80\sim 85^{\circ}\text{C}$ 和 $55\sim 60^{\circ}\text{C}$ 的低压饱和蒸汽,其中所述一级闪蒸罐(11)产生的 $80\sim 85^{\circ}\text{C}$ 饱和蒸汽进入所述蒸汽压缩机(22)被所述蒸

汽压缩机 (22) 压缩为 $145\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的过热蒸汽,所述蒸汽压缩机 (22) 排出的 $145\sim 150^{\circ}\text{C}$ 过热蒸汽用于驱动所述吸收式热泵机组 (40) 工作,而所述二级闪蒸罐 (34) 产生的 $55\sim 60^{\circ}\text{C}$ 饱和蒸汽则在所述凝汽器 (37) 中被常温海水冷凝为蒸馏淡水进入所述淡水桶 (38);由 $145\sim 150^{\circ}\text{C}$ 过热蒸汽驱动的所述吸收式热泵机组 (40) 里的所述蒸发器 (30) 和所述冷凝器 (39) 会分别产生冷量和热量,其中所述蒸发器 (30) 产生的冷量用于热环境下舱室的降温空气调节,而所述冷凝器 (39) 产生的热量则用于冷环境下舱室的升温空气调节;如此,在所述余热锅炉系统、所述有机工质朗肯循环系统、所述海水闪蒸淡化系统和所述吸收式热泵系统配合下实现了船舶烟气余热 $350\sim 80^{\circ}\text{C}$ 梯级利用的冷热电淡四联产功效。

一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置及工作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种船舶主机余热梯级利用式装置及工作方法,尤其是一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,属于能源工程技术领域。

背景技术

[0002] 目前,在船舶主机余热利用方面,主要采用双级余热锅炉的方式回收主机余热,再通过蒸汽透平、发电机等将船舶主机余热转变为电能,满足船舶用电需求。就双级余热锅炉而言,主机烟气温度从350℃降低到120℃的过程中,高压级余热锅炉承担主要的热电转变工作,而低压级余热锅炉通常效率较低,其工作效率有待优化提高。

[0003] 船舶空调系统作为船舶用电系统的重要组成部分,其电能消耗占到用电系统总电能消耗30%~40%,提高船舶空调系统的工作性能,降低其电能消耗比重也就显得尤为重要。船舶空调系统目前主要以蒸汽压缩式为主,吸收式为辅,但在余热利用方面吸收式热泵更具优势;由于烟气中含有大量腐蚀物,烟气不能直接用于驱动吸收式热泵装置工作,况且主机排出烟气被双级余热锅炉利用后,烟气温度低于150℃会加剧烟气对设备的腐蚀破坏,寻找连接纽带间接的利用烟气余热驱动吸收式热泵装置工作成为解决这一问题的有效方式。

[0004] 针对船舶主机余热,大量余热利用技术应运而生,如专利申请号为:201611266594.6,名称为:一种利用船舶柴油机余热的热电联产装置,公开了一种采用温差发电装置回收主机余热的方式,但该专利由于受装置自身条件的限制,导致余热回收效率低,其效率仅为7%~10%。再者,利用主机余热进行海水淡化成为主流的余热利用方式,而现有海水淡化利用的余热主要是气缸套冷却水余热和余热锅炉出口烟气余热,并以多级低压闪蒸、海水冷却的形式制取船舶生活淡水,余热锅炉出口烟气温度低(90~120℃)、气缸套冷却水进口温差不大于12℃的缘故,导致余热量不够充足,淡水产量较低。

[0005] 在中低温余热、废热回收方面,有机工质朗肯循环(ORC)装置通过低沸点工质回收余热来膨胀做功的形式,将热能转化为机械能,既可用于发电,也可作为动力输出,且低沸点有机工质相对于传统工质水,回收中低温度余热膨胀做功更具优势性。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服上述现有技术的不足,进而提供一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置。

[0007] 本发明通过调整现有船舶主机烟气余热利用方式,借助余热锅炉(单级)、有机工质朗肯循环装置、海水闪蒸装置实现烟气350℃~80℃间的余热梯级利用,并耦合吸收式热泵机组达到冷热电淡四联产的功效。

[0008] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0009] 一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,包括余热锅炉系统、有机工质朗肯循环系统、吸收式热泵系统、海水闪蒸淡化系统、烟气管腔、转轴切换器和发电机,其中所

述余热锅炉系统包括：锅炉换热器、锅炉过热器、循环泵和余热锅炉，所述余热锅炉左下出口连通所述循环泵进口，所述循环泵出口连通所述锅炉换热器进口，所述锅炉换热器出口连通所述余热锅炉左上进口，所述余热锅炉顶部出口连通所述锅炉过热器进口；所述有机工质朗肯循环系统包括：工质换热器、透平机、回热器、冷却器和工质泵，所述冷却器右上出口连通所述回热器右侧进口，所述回热器左侧出口连通所述工质泵进口，所述工质泵出口连通所述工质换热器进口，所述工质换热器出口连通所述透平机进口，所述透平机出口连通所述回热器上部进口，所述回热器下部出口连通所述冷却器左上进口；所述吸收式热泵系统包括：吸收式热泵机组、发生器、蒸发器、冷凝器、第一截止阀、第二截止阀、第三截止阀、第四截止阀、供水泵和风机盘管，所述吸收式热泵机组中包括所述发生器和所述蒸发器以及所述冷凝器，所述蒸发器右上出口连通所述第二截止阀进口，所述冷凝器左上出口连通所述第三截止阀进口，所述第二截止阀和所述第三截止阀的出口连通所述供水泵进口，所述供水泵出口连通所述风机盘管进口，所述风机盘管出口连通所述第一截止阀和所述第四截止阀的进口，所述第一截止阀出口连通所述蒸发器左上进口，所述第四截止阀出口连通所述冷凝器进口；所述海水闪蒸淡化系统包括：一号海水泵、余热回收器、一号喷淋泵、一号流量阀、一号盘管、一级闪蒸罐、第五截止阀、一号真空泵、喷嘴、第六截止阀、蒸汽压缩机、二号喷淋泵、二号流量阀、二号盘管、二级闪蒸罐、第七截止阀、二号真空泵、二号海水泵、凝汽器和淡水桶，所述二号海水泵进口通过管道延伸到海水处，所述二号海水泵出口一路连通所述凝汽器左下进口，另一路连通所述有机工质朗肯循环系统中所述冷却器右下进口，所述凝汽器右下出口连通所述一号海水泵进口，同时所述一号海水泵进口还通过管道延伸到海水处，所述一号海水泵的出口与所述冷却器的左下出口连通所述余热回收器进口，所述余热回收器出口连通所述一号喷淋泵和所述一号流量阀的进口，所述一号喷淋泵出口连通所述一级闪蒸罐上部布置有所述喷嘴的盲管，所述一号流量阀出口连通所述一级闪蒸罐中部的所述一号盘管进口，所述一号盘管出口和所述一级闪蒸罐底部出口连通所述二号喷淋泵和所述二号流量阀的进口，所述一级闪蒸罐右侧通过所述第五截止阀连通所述一号真空泵，所述一级闪蒸罐顶部出口连通所述蒸汽压缩机和所述第六截止阀的进口，所述蒸汽压缩机出口连通所述吸收式热泵机组的所述发生器进口，所述发生器出口连通所述淡水桶顶部进口，所述二号喷淋泵出口连通所述二级闪蒸罐上部布置有所述喷嘴的盲管，所述二号流量阀出口连通所述二级闪蒸罐中部的所述二号盘管进口，所述二号盘管出口和所述二级闪蒸罐底部出口均通过管道延伸到海水处，所述二级闪蒸罐右侧通过所述第七截止阀连通所述二号真空泵，所述二级闪蒸罐顶部出口和所述第六截止阀出口连通所述凝汽器左侧进口，所述凝汽器右侧出口连通所述淡水桶顶部进口，所述透平机输出轴通过转轴切换器与所述蒸汽压缩机输入轴或所述发电机输入轴传动连接，所述烟气管腔从入口到出口依次布置所述锅炉过热器、所述锅炉换热器、所述工质换热器和所述余热回收器。

[0010] 进一步，所述风机盘管内置变频风机。

[0011] 进一步，所述锅炉过热器、所述锅炉换热器、所述工质换热器和所述余热回收器中工质与烟气的换热方式均为逆流换热。

[0012] 进一步，所述锅炉过热器、所述锅炉换热器、所述工质换热器和所述余热回收器为螺旋管式换热器或翅片管式换热器。

[0013] 进一步，所述回热器为套管式换热器或钎焊板式换热器。

[0014] 进一步,所述凝汽器和所述冷却器为管壳换热器或板式换热器。

[0015] 进一步,所述蒸发器和所述冷凝器为管壳式换热器或板式换热器。

[0016] 进一步,所述蒸汽压缩机为螺杆式蒸汽压缩机或离心式蒸汽压缩机。

[0017] 进一步,所述发电机为同步交流发电机或异步交流发电机。

[0018] 进一步,所述一号海水泵、所述二号海水泵、所述一号喷淋泵和所述二号喷淋泵均为离心式海水泵或轴流式海水泵。

[0019] 进一步,所述循环泵、所述工质泵和所述供水泵均为单级离心泵或轴流循环泵。

[0020] 本发明的一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置的工作方法,具体方式如下:

[0021] 由船舶主机排出的高温烟气经动力涡轮初步利用后,温度降低到 $340\sim 350^{\circ}\text{C}$, $340\sim 350^{\circ}\text{C}$ 的烟气在所述烟气管腔中依次流经所述余热锅炉系统的所述锅炉过热器和所述锅炉换热器,经所述余热锅炉对烟气余热回收利用后,烟气温度降低到 $210\sim 220^{\circ}\text{C}$,而所述余热锅炉产生的高温高压蒸汽则进入蒸汽涡轮膨胀做功,蒸汽涡轮带动发电机组发电,完成“热一功一电”转变工作;一级利用后的 $210\sim 220^{\circ}\text{C}$ 烟气再进入所述有机工质朗肯循环系统的所述工质换热器与有机工质液体进行热量交换,烟气余热被有机工质液体吸收后烟气温度降低到 $160\sim 170^{\circ}\text{C}$,而所述有机工质液体则在吸收烟气余热后变为有机工质蒸汽进入所述透平机膨胀做功,所述透平机的输出轴与所述发电机、所述蒸汽压缩机的输入轴通过所述转轴切换器相连接,所述透平机带动所述发电机发电,也完成“热一功一电”转变工作,或驱动所述蒸汽压缩机将低温饱和蒸汽压缩为高温过热蒸汽,提高蒸汽品质;二级利用后的 $160\sim 170^{\circ}\text{C}$ 烟气进入所述海水闪蒸淡化系统的所述余热回收器与海水进行热量交换,其中 $160\sim 170^{\circ}\text{C}$ 的烟气被海水吸收余热后温度降低到 $80\sim 90^{\circ}\text{C}$ 后沿排气管道排放掉,而换热海水则在吸收烟气余热后温度则上升到 $95\sim 100^{\circ}\text{C}$, $95\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的热海水从所述余热回收器流出先后在所述一级闪蒸罐、所述二级闪蒸罐中闪蒸成对应温度分别为 $80\sim 85^{\circ}\text{C}$ 和 $55\sim 60^{\circ}\text{C}$ 的低压饱和蒸汽,其中所述一级闪蒸罐产生的 $80\sim 85^{\circ}\text{C}$ 饱和蒸汽进入所述蒸汽压缩机被所述蒸汽压缩机压缩为 $145\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的过热蒸汽,所述蒸汽压缩机排出的 $145\sim 150^{\circ}\text{C}$ 过热蒸汽用于驱动所述吸收式热泵机组工作,而所述二级闪蒸罐产生的 $55\sim 60^{\circ}\text{C}$ 饱和蒸汽则在所述凝汽器中被常温海水冷凝为蒸馏淡水进入所述淡水桶;由 $145\sim 150^{\circ}\text{C}$ 过热蒸汽驱动的所述吸收式热泵机组里的所述蒸发器和所述冷凝器会分别产生冷量和热量,其中所述蒸发器产生的冷量用于热环境下舱室的降温空气调节,而所述冷凝器产生的热量则用于冷环境下舱室的升温空气调节;如此,在所述余热锅炉系统、所述有机工质朗肯循环系统、所述海水闪蒸淡化系统和所述吸收式热泵系统配合下实现了船舶烟气余热 $350\sim 80^{\circ}\text{C}$ 梯级利用的冷热电淡四联产功效。

[0022] 本发明与现有技术相比具有以下优点和有益效果:

[0023] 一、以有机工质替代水作为热回收膨胀工质,以有机工质朗肯循环装置替代双级余热锅炉中的低压级余热锅炉,相同工况下,由于有机工质的汽化潜热值仅为水汽化潜热值的十分之一,在相同余热量时有机工质朗肯循环装置输出的功量要大于以水为工质的低压级余热锅炉输出功量,改进后装置的热功转化能力明显提高 $10\%\sim 15\%$,主机余热回收效果好、利用效率高。

[0024] 二、改变目前船舶主机余热利用形式,使得进入海水闪蒸装置的烟气温度要明显

高于未改进前烟气温度,海水加热后温度可达95~100℃,海水闪蒸效果好,淡水产量明显增加20%~30%。

[0025] 三、采用一级闪蒸低压蒸汽经蒸汽压缩机压缩再驱动吸收式热泵装置的方式,避免了150℃以下烟气直接驱动吸收式热泵装置对热泵装置造成腐蚀破坏的问题;不采用蒸汽压缩式热泵装置,以低压蒸汽作为传热媒介,间接的实现了余热驱动吸收式热泵装置运行、调节船舶舱室环境舒适性的效果,一定程度可避免蒸汽压缩式热泵装置噪声大、能耗高(能量形式转变不可逆损失)的问题。

[0026] 四、改变目前船舶主机烟气进双级余热锅炉的余热利用形式,将余热锅炉(高压级)、有机工质朗肯循环装置、海水闪蒸装置相结合,实现了烟气余热从350~80℃的梯级利用,整合吸收式热泵技术,实现了船舶余热利用下冷热电淡四联产的效果。

附图说明

[0027] 图1为本发明的一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置的结构原理示意图。

[0028] 图中:1为一号海水泵、2为烟气管腔、3为余热回收器、4为工质换热器、5为锅炉换热器、6为锅炉过热器、7为循环泵、8为工质泵、9为回热器、10为一号喷淋泵、11为一级闪蒸罐、12为一号流量阀、13为一号盘管、14为二号流量阀、15为二号喷淋泵、16为第五截止阀、17为喷嘴、18为第六截止阀、19为冷却器、20为一号真空泵、21为发电机、22为蒸汽压缩机、23为转轴切换器、24为余热锅炉、25为透平机、26为风机盘管、27为供水泵、28为第二截止阀、29为第一截止阀、30为蒸发器、31为发生器、32为二号真空泵、33为第七截止阀、34为二级闪蒸罐、35为二号盘管、36为二号海水泵、37为凝汽器、38为淡水桶、39为冷凝器、40为吸收式热泵机组、41为第四截止阀、42为第三截止阀。

具体实施方式

[0029] 为使本发明的上述目的、特性和优点更加明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施例做详细说明。

[0030] 再者,本发明中所提到的方向用语,例如「上」、「下」、「前」、「后」、「左」、「右」、「内」、「外」、「顶」等,仅是参考附图式的方向。因此,使用方向用语是用于说明及理解本发明,而非用于限制本发明。

[0031] 如图1所示,为本发明实施例的一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置,包括余热锅炉系统、有机工质朗肯循环系统、吸收式热泵系统、海水闪蒸淡化系统、烟气管腔2、转轴切换器23和发电机21,其中所述余热锅炉系统包括:锅炉换热器5、锅炉过热器6、循环泵7和余热锅炉24,所述余热锅炉24左下出口连通所述循环泵7进口,所述循环泵7出口连通所述锅炉换热器5进口,所述锅炉换热器5出口连通所述余热锅炉24左上进口,所述余热锅炉24顶部出口连通所述锅炉过热器6进口;所述有机工质朗肯循环系统包括:工质换热器4、透平机25、回热器9、冷却器19和工质泵8,所述冷却器19右上出口连通所述回热器9右侧进口,所述回热器9左侧出口连通所述工质泵8进口,所述工质泵8出口连通所述工质换热器4进口,所述工质换热器4出口连通所述透平机25进口,所述透平机25出口连通所述回热器9上部进口,所述回热器9下部出口连通所述冷却器19左上进口;所述吸收式热泵系统包括:

吸收式热泵机组40、发生器31、蒸发器30、冷凝器39、第一截止阀29、第二截止阀28、第三截止阀42、第四截止阀41、供水泵27和风机盘管26,所述吸收式热泵机组40中包括所述发生器31和所述蒸发器30以及所述冷凝器39,所述蒸发器30右上出口连通所述第二截止阀28进口,所述冷凝器39左上出口连通所述第三截止阀42进口,所述第二截止阀28和所述第三截止阀42的出口连通所述供水泵27进口,所述供水泵27出口连通所述风机盘管26进口,所述风机盘管26出口连通所述第一截止阀29和所述第四截止阀41的进口,所述第一截止阀29出口连通所述蒸发器30左上进口,所述第四截止阀41出口连通所述冷凝器39进口;所述海水闪蒸淡化系统包括:一号海水泵1、余热回收器3、一号喷淋泵10、一号流量阀12、一号盘管13、一级闪蒸罐11、第五截止阀16、一号真空泵20、喷嘴17、第六截止阀18、蒸汽压缩机22、二号喷淋泵15、二号流量阀14、二号盘管35、二级闪蒸罐34、第七截止阀33、二号真空泵32、二号海水泵36、凝汽器37和淡水桶38,所述二号海水泵36进口通过管道延伸到海水处,所述二号海水泵36出口一路连通所述凝汽器37左下进口,另一路连通所述有机工质朗肯循环系统中所述冷却器19右下进口,所述凝汽器37右下出口连通所述一号海水泵1进口,同时所述一号海水泵1进口还通过管道延伸到海水处,所述一号海水泵1的出口与所述冷却器19的左下出口连通所述余热回收器3进口,所述余热回收器3出口连通所述一号喷淋泵10和所述一号流量阀12的进口,所述一号喷淋泵10出口连通所述一级闪蒸罐11上部布置有所述喷嘴17的盲管,所述一号流量阀12出口连通所述一级闪蒸罐11中部的所述一号盘管13进口,所述一号盘管13出口和所述一级闪蒸罐11底部出口连通所述二号喷淋泵15和所述二号流量阀14的进口,所述一级闪蒸罐11右侧通过所述第五截止阀16连通所述一号真空泵20,所述一级闪蒸罐11顶部出口连通所述蒸汽压缩机22和所述第六截止阀18的进口,所述蒸汽压缩机22出口连通所述吸收式热泵机组40的所述发生器31进口,所述发生器31出口连通所述淡水桶38顶部进口,所述二号喷淋泵15出口连通所述二级闪蒸罐34上部布置有所述喷嘴17的盲管,所述二号流量阀14出口连通所述二级闪蒸罐34中部的所述二号盘管35进口,所述二号盘管35出口和所述二级闪蒸罐34底部出口均通过管道延伸到海水处,所述二级闪蒸罐34右侧通过所述第七截止阀33连通所述二号真空泵32,所述二级闪蒸罐34顶部出口和所述第六截止阀18出口连通所述凝汽器37左侧进口,所述凝汽器37右侧出口连通所述淡水桶38顶部进口,所述透平机25输出轴通过转轴切换器23与所述蒸汽压缩机22输入轴或所述发电机21输入轴传动连接,所述烟气管腔2从入口到出口依次布置所述锅炉过热器6、所述锅炉换热器5、所述工质换热器4和所述余热回收器3。

[0032] 其中,所述风机盘管26内置有变频风机。

[0033] 所述锅炉过热器6、所述锅炉换热器5、所述工质换热器4和所述余热回收器3中工质与烟气的换热方式均为逆流换热。

[0034] 所述锅炉过热器6、所述锅炉换热器5、所述工质换热器4和所述余热回收器3为螺旋管式换热器。

[0035] 所述回热器9为钎焊板式换热器。

[0036] 所述凝汽器37和所述冷却器19为管壳换热器。

[0037] 所述蒸发器30和所述冷凝器39为管壳式换热器。

[0038] 所述蒸汽压缩机22为螺杆式蒸汽压缩机。

[0039] 所述发电机21为同步交流发电机。

[0040] 所述一号海水泵1、所述二号海水泵36、所述一号喷淋泵10和所述二号喷淋泵15均为离心式海水泵。

[0041] 所述循环泵7、所述工质泵8和所述供水泵27均为单级离心泵。

[0042] 工作方法：

[0043] 由船舶主机排出的高温烟气经动力涡轮初步利用后，温度降低到340~350℃，340~350℃的烟气在所述烟气管腔2中依次流经所述余热锅炉系统的所述锅炉过热器6和所述锅炉换热器5，经所述余热锅炉24对烟气余热回收利用后，烟气温度降低到210~220℃，而所述余热锅炉24产生的高温高压蒸汽则进入蒸汽涡轮膨胀做功，蒸汽涡轮带动发电机组发电，完成“热—功—电”转变工作；一级利用后的210~220℃烟气再进入所述有机工质朗肯循环系统的所述工质换热器4与有机工质液体进行热量交换，烟气余热被有机工质液体吸收后烟气温度降低到160~170℃，而有机工质液体则在吸收烟气余热后变为有机工质蒸汽进入所述透平机25膨胀做功，所述透平机25的输出轴与所述发电机21、所述蒸汽压缩机22的输入轴通过所述转轴切换器23相连接，所述透平机25带动所述发电机21发电，也完成“热—功—电”转变工作，或驱动所述蒸汽压缩机22将低温饱和蒸汽压缩为高温过热蒸汽，提高蒸汽品质；二级利用后的160~170℃烟气进入所述海水闪蒸淡化系统的所述余热回收器3与海水进行热量交换，其中160~170℃的烟气被海水吸收余热后温度降低到80~90℃后沿排气管道排放掉，而换热海水则在吸收烟气余热后温度则上升到95~100℃，95~100℃的热海水从所述余热回收器3流出先后在所述一级闪蒸罐11、所述二级闪蒸罐34中闪蒸成对应温度分别为80~85℃和55~60℃的低压饱和蒸汽，其中所述一级闪蒸罐11产生的80~85℃饱和蒸汽进入所述蒸汽压缩机22被所述蒸汽压缩机22压缩为145~150℃的过热蒸汽，所述蒸汽压缩机22排出的145~150℃过热蒸汽用于驱动所述吸收式热泵机组40工作，而所述二级闪蒸罐34产生的55~60℃饱和蒸汽则在所述凝汽器37中被常温海水冷凝为蒸馏淡水进入所述淡水桶38；由145~150℃过热蒸汽驱动的所述吸收式热泵机组40里的所述蒸发器(30)和所述冷凝器(39)会分别产生冷量和热量，其中所述蒸发器30产生的冷量用于热环境下舱室的降温空气调节，而所述冷凝器39产生的热量则用于冷环境下舱室的升温空气调节；如此，在所述余热锅炉系统、所述有机工质朗肯循环系统、所述海水闪蒸淡化系统和所述吸收式热泵系统配合下实现了船舶烟气余热350~80℃梯级利用的冷热电淡四联产功效。

[0044] 为进一步明晰、清楚本发明一种船舶余热梯级利用式冷热电淡四联产装置的工作方法，就上述工作方法展开详细描述，具体工作流程为：

[0045] 340~350℃的烟气通过所述烟气管腔2流入所述余热锅炉系统，所述余热锅炉系统中的工质水从所述余热锅炉24左下出口流出，由所述循环泵7送入所述锅炉换热器5，工质水在所述锅炉换热器5中与流经所述锅炉换热器5外的烟气进行热量交换，所述锅炉换热器5中的工质水在吸收烟气热量后变为汽水混合物，汽水混合物从所述余热锅炉24左上进口流回所述余热锅炉24并在所述余热锅炉24中完成汽液分离，回流到所述余热锅炉24中汽水混合物的液体部分再沿管路由所述循环泵7送往所述锅炉换热器5与烟气再次进行热量交换，而所述余热锅炉24分离出的水蒸汽则从所述余热锅炉24顶部出口流出沿管道进入所述锅炉过热器6被340~350℃的烟气加热为过热蒸汽，过热蒸汽从所述锅炉过热器6流出沿管道进入蒸汽涡轮内膨胀做功，蒸汽涡轮带动发电机组发电，实现‘热—功—电’的能量转

换过程,而做功后的乏汽则被海水冷凝后再沿管道从所述余热锅炉24右下进口进入所述余热锅炉24,完成工质水在所述余热锅炉系统中的闭式循环,340~350℃的烟气在流经所述余热锅炉系统的所述锅炉过热器6和所述锅炉换热器5分别被水蒸气和工质水吸收余热后,烟气温度降低到210~220℃;

[0046] 从所述锅炉换热器5排出的210~220℃烟气进入所述有机工质朗肯循环系统的所述工质换热器4中与有机工质液体进行热量交换,有机工质液体吸收烟气的热量后蒸发为具有一定做功能力的有机工质蒸汽,有机工质蒸汽从所述工质换热器4流出沿管道进入所述透平机25膨胀做功,所述透平机25输出的轴功通过所述转轴切换器23传递到所述蒸汽压缩机22带动所述蒸汽压缩机22工作,而所述透平机25排出的有机工质乏汽则沿管道从所述回热器9顶部进口进入所述回热器9,加热来自所述冷却器19的有机工质液体,降温后的有机工质乏汽从所述回热器9底部出口流出并沿管道从所述冷却器19左上进口流入所述冷却器19,有机工质乏汽在所述冷却器19中被所述二号海水泵36抽取的常温海水冷却为有机工质液体,有机工质液体再从所述冷却器19右上出口流出沿管道从所述回热器9右侧进口流入所述回热器9,有机工质液体在所述回热器9中吸收来自所述透平机25有机工质乏汽的热量后温度升高,升温后的有机工质液体从所述回热器9左侧出口流出经所述工质泵8作用,进入所述工质换热器4继续与210~220℃的烟气换热,完成热到功的有机工质朗肯循环,而流经所述工质换热器4的210~220℃烟气在被有机工质液体吸收余热后温度降低到160~170℃;

[0047] 从所述工质换热器4流出的160~170℃烟气进入所述海水闪蒸淡化系统的所述余热回收器3,海水一路沿管道由所述一号海水泵1送入所述余热回收器3,另一路通过所述二号海水泵36进入所述冷却器19冷却有机工质乏汽后进入所述余热回收器3,海水在所述余热回收器3中与160~170℃的烟气进行热量交换,其中海水的温度升高到95~100℃,而烟气则温度降低到80~90℃后沿排放管道排放掉,升温后的95~100℃海水从所述余热回收器3流出并在所述一号喷淋泵10和所述一号流量阀12的进口处分为两部分,其中第一部分海水通过所述一号喷淋泵10进入预先由所述一号真空泵20抽负压值为0.0474~0.0579MPa的所述一级闪蒸罐11,并在所述喷嘴17处喷淋雾化;第二部分海水通过所述第一流量阀12进入所述一号盘管13,海水在所述一号盘管13内释放热量,提供第一部分喷淋雾化海水蒸发所吸收的热量;第一部分喷淋雾化海水在吸收自身热量和所述一号盘管13中第二部分海水的热量后,在负压状态的所述一级闪蒸罐11闪蒸为80~85℃的饱和蒸汽,释放热量后的第二部分海水从所述一号盘管13中流出,与所述一级闪蒸罐11底部流出的第一部分喷淋雾化后未闪蒸的海水混合,温度在80~85℃之间,混合海水在所述二号喷淋泵15和所述二号流量阀14的入口处再分为两部分,其中第一部分混合海水通过所述二号喷淋泵15进入预先由所述二号真空泵32抽负压值为0.0157~0.0199MPa的所述二级闪蒸罐34,并在所述喷嘴17处喷淋雾化;第二部分混合海水通过所述第二流量阀14进入所述二号盘管35,混合海水在所述二号盘管35内释放热量,提供第一部分喷淋雾化混合海水蒸发所吸收的热量;第一部分喷淋雾化混合海水在吸收自身热量和所述二号盘管35中第二部分混合海水的热量后,在负压状态的所述二级闪蒸罐34闪蒸为55~60℃的饱和蒸汽,释放热量后的第二部分混合海水从所述二号盘管35中流出沿管道排向海洋,所述二级闪蒸罐34底部流出的第一部分喷淋雾化后未闪蒸的混合海水也沿管道排向海洋,其中所述二级闪蒸罐34产生的55~60℃饱

和蒸汽从所述二级闪蒸罐34顶部出口流出沿管道进入所述凝汽器37,被所述二号海水泵36抽取的常温海水在所述凝汽器37中冷凝为蒸馏淡水,蒸馏淡水从所述凝汽器37右侧出口流出沿管道进入所述淡水桶38,而所述凝汽器37中冷却饱和蒸汽后的海水则沿管道排向海洋;同时,所述第六截止阀18关闭,所述一级闪蒸罐11产生的80~85℃饱和蒸汽沿管道进入所述蒸汽压缩机22,所述蒸汽压缩机22的输入轴通过转轴切换器23与所述透平机25的输出轴连接在一起,所述蒸汽压缩机22由所述有机工质朗肯循环系统的所述透平机25驱动,80~85℃饱和蒸汽在所述蒸汽压缩机22内被压缩为145~150℃的过热蒸汽,所述蒸汽压缩机22排出的145~150℃过热蒸汽沿管道进入所述吸收式热泵机组40的所述发生器31中凝结放热,145~150℃过热蒸汽在所述发生器31释放出的热量驱动所述吸收式热泵机组40的工作,所述吸收式热泵机组40的所述蒸发器30和所述冷凝器39会分别产生冷量和热量,而释放热量后的过热蒸汽温度降低到85~90℃,以淡水形式沿管道进入所述淡水桶38;

[0048] 所述吸收式热泵机组40中所述蒸发器30产生的冷量和所述冷凝器39释放的热量,用于船舶舱室的温度舒适性空气调节,根据船舶舱室冷热工况不同,所述吸收式热泵机组40分为供冷空气调节运行和供热空气调节运行;

[0049] 供冷空气调节运行时,所述第一截止阀29和所述第二截止阀28开启,所述第三截止阀42和所述第四截止阀41关闭,冷媒水在所述蒸发器30释放热量,降温后的冷媒水由所述供水泵27送入所述风机盘管26,所述风机盘管26中的冷媒水吸收周围空气的热量,降温后的周围空气有所述风机盘管26中内置变频风机出入室内,实现舱室空气降温的舒适性调节,吸热后的冷媒水从所述风机盘管26流出沿管道回到所述蒸发器30,完成冷媒水的闭式循环;供热空气调节运行时,所述第三截止阀42和所述第四截止阀41开启,所述第一截止阀29和所述第二截止阀28关闭,热媒水在所述冷凝器39中吸收热量升温后的热媒水由所述供水泵27送入所述风机盘管26,所述风机盘管26中的热媒水向周围空气释放热量,升温后的周围空气有所述风机盘管26中内置变频风机出入室内,实现舱室空气升温的舒适性调节,放热后的热媒水从所述风机盘管26流出沿管道回到所述冷凝器39,完成热媒水的闭式循环;

[0050] 船舶舱室不需要进行空气舒适性调节时,所述吸收式热泵机组40不工作,所述第六截止阀18开启,所述一级闪蒸罐11产生的80~85℃饱和蒸汽沿管道进入所述凝汽器37,80~85℃饱和蒸汽被所述二号海水泵36抽取的常温海水在所述凝汽器37中冷凝为蒸馏淡水,蒸馏淡水从所述凝汽器37右侧出口流出进入所述淡水桶38,所述透平机25的输出轴通过所述转轴切换器23与所述发电机21的输入轴连接在一起,所述透平机25带动所述发电机21发电,完成热一功一电的转变过程。

[0051] 上述过程是余热锅炉系统、有机工质朗肯循环系统、海水闪蒸淡化系统三者对船舶余热梯级回收利用,外加吸收式热泵系统配合下实现利用船舶主机余热获得冷热电淡收益的详细工作方法。

[0052] 以上为本发明的具体说明,仅为本发明的最佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神及原则之内的修改、等同替换等,均应在本发明的保护范围之内。

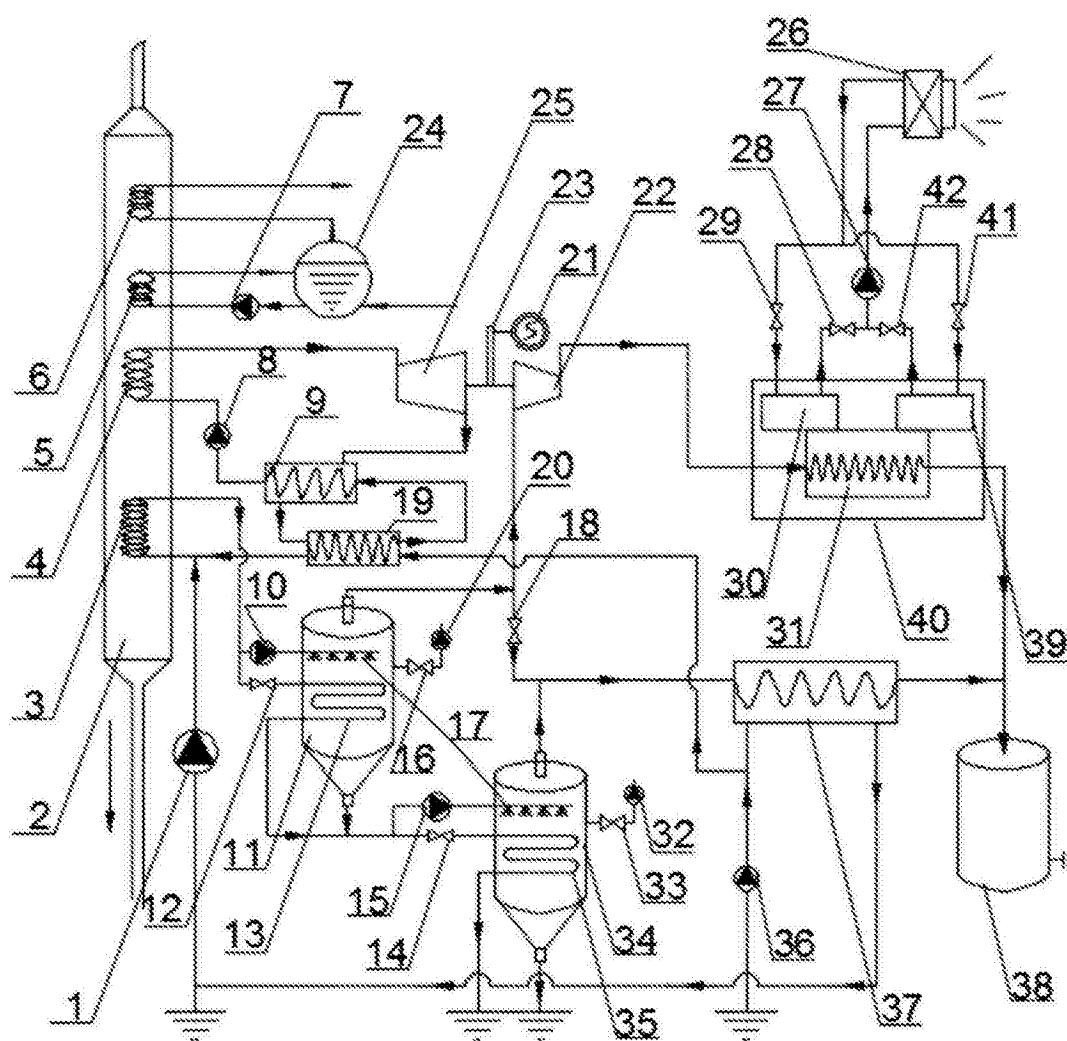


图1