



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112554983 B

(45) 授权公告日 2024. 09. 03

(21) 申请号 202011492191.X

F01D 15/08 (2006.01)

(22) 申请日 2020.12.16

F28D 20/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

F25B 9/00 (2006.01)

申请公布号 CN 112554983 A

F25B 9/06 (2006.01)

(43) 申请公布日 2021.03.26

(56) 对比文件

CN 213928479 U, 2021.08.10

(73) 专利权人 青岛科技大学

审查员 张磊洋

地址 266061 山东省青岛市崂山区松岭路
99号

(72) 发明人 刘展 刘旭 孙文旭

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

专利代理师 张海平

(51) Int. Cl.

F01K 25/10 (2006.01)

F01K 23/02 (2006.01)

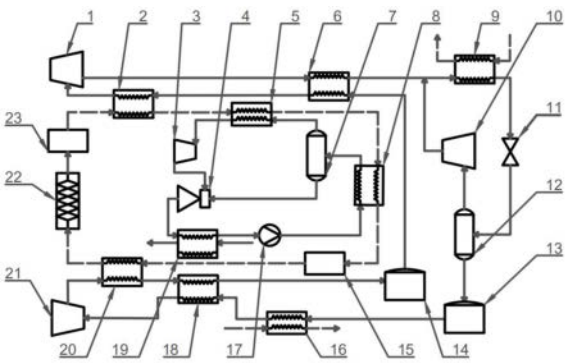
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能
系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统及方法,可回收蓄热介质余热、充分利用蓄热介质的储热潜力、减少卡琳娜循环中涡轮叶片的腐蚀、减少卡琳娜循环中贫氨溶液中势能消散;所述系统结合了创新的卡琳娜循环,解决了基本卡琳娜循环中涡轮叶片腐蚀以及贫氨溶液势能浪费问题,通过高温液态二氧化碳储能系统耦合卡琳娜循环,安全有效的利用蓄热介质余热,提高了能量的利用率;在蓄热介质热储罐前增加了电加热器,使蓄热介质的蓄热潜力得到了充分利用。



1. 一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统,其特征在于,包括:二氧化碳涡轮机(1)、预热器(2)、卡琳娜涡轮机(3)、喷射器(4)、过热器(5)、回热器(6)、氨水分离器(7)、氨水蒸汽发生器(8)、预冷器(9)、二氧化碳子压缩机(10)、二氧化碳分离器(12)、低压液体二氧化碳储罐(13)、高压液体二氧化碳储罐(14)、冷水罐(15)、二氧化碳蒸发器(16)、内部换热器(18)、冷凝器(19)、后冷器(20)、二氧化碳压缩机(21)、电加热器(22)和热水罐(23);

所述低压液体二氧化碳储罐(13)的出口通过管路依次连通二氧化碳蒸发器(16)的冷侧管路、内部换热器(18)的冷侧管路、二氧化碳压缩机(21)、后冷器(20)的热侧管路、内部换热器(18)的热侧管路后、高压液体二氧化碳储罐(14)的入口;

所述高压液体二氧化碳储罐(14)的出口通过管路依次连通回热器(6)的冷侧管路、预热器(2)的冷侧管路、二氧化碳涡轮机(1)、回热器(6)的热侧管路、预冷器(9)的热侧管路和二氧化碳分离器(12)的入口;二氧化碳分离器(12)的第一出口通过管路依次连通二氧化碳子压缩机(10)、预冷器(9)的热侧管路的进口;二氧化碳分离器(12)的第二出口通过管路与低压液体二氧化碳储罐(13)的入口相连通;

所述冷水罐(15)的出口通过管路依次连通后冷器(20)的热侧管路、电加热器(22)、热水罐(23)、预热器(2)的热侧管路的进口;

所述过热器(5)的热侧管路的进口与预热器(2)的热侧管路的出口相连通;所述过热器(5)的热侧管路的出口通过管路依次与氨水蒸汽发生器(8)的热侧管路、冷水罐(15)的入口相连通;所述氨水蒸汽发生器(8)的冷侧管路的出口通过管路与氨水分离器(7)的进口相连通;氨水分离器(7)的第一出口通过管路依次连通过热器(5)的冷侧管路、卡琳娜涡轮、喷射器(4)的第一入口;氨水分离器(7)的第二出口与喷射器(4)的第二入口相连通;喷射器(4)的出口通过管路与冷凝器(19)的热侧管路的进口相连通;冷凝器(19)的热侧管路的出口与氨水蒸汽发生器(8)的冷侧管路的进口相连通;

其中,

所述二氧化碳压缩机(21)、所述二氧化碳子压缩机(10)均传动连接有电动机;

所述二氧化碳涡轮机(1)、所述卡琳娜涡轮机(3)均传动连接有发电机。

2. 根据权利要求1所述的一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统,其特征在于,还包括:

减压节流阀(11),所述减压节流阀(11)设置于所述预冷器(9)与所述二氧化碳分离器(12)之间。

3. 根据权利要求1所述的一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统,其特征在于,冷凝器(19)的热侧管路的出口与氨水蒸汽发生器(8)的冷侧管路的进口之间设置有氨水泵(17)。

4. 根据权利要求3所述的一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统,其特征在于,所述氨水泵(17)由电动机驱动。

5. 根据权利要求1所述的一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统,其特征在于,所述二氧化碳蒸发器(16)的热侧管路用于通入循环水塔。

6. 根据权利要求1所述的一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统,其特征在于,所述冷凝器(19)的冷侧管路用于通入循环水塔。

7. 一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能方法,其特征在于,基于权利要求1所述的

液态二氧化碳储能系统,包括以下步骤:

在储能过程中,储存在低压液体二氧化碳储罐(13)的液体二氧化碳流经二氧化碳蒸发器(16)吸收热量变成饱和蒸汽,流经内部换热器(18)吸收压缩后二氧化碳的压缩热变成高压超临界二氧化碳,高压超临界二氧化碳经过管路进入二氧化碳压缩机(21),被压缩后的超临界二氧化碳流经后冷器(20)与来自冷水罐(15)的冷水进行热量交换,吸收冷水中的冷能,温度降低,流经后冷器(20)后的超临界二氧化碳经过内部换热器(18)被冷凝,变成高压液体状态,储存在高压液体二氧化碳储罐(14)中;其中,二氧化碳被压缩产生压缩热,环境水从冷水罐(15)中排出,在后冷器(20)中吸收压缩热,得到压缩热的水被输送到电加热器(22)加热,输送到热水罐(23)储存;

在释能过程中,储存在高压液体二氧化碳储罐(14)的液体二氧化碳流经回热器(6)吸收涡轮出口残余高温二氧化碳的余热,变成超临界二氧化碳;流经预热器(2)吸收来自热水罐(23)储存的热水的热量达到最高温度,达到最高温度的超临界二氧化碳进入二氧化碳涡轮机(1)进行膨胀和发电,涡轮的排气经过回热器(6)换热后,作为一次流与来自二氧化碳子压缩机(10)的二次流混合,混合流在预冷器(9)中被环境水冷却,被冷却后的混合流流经二氧化碳分离器(12),气体通过二氧化碳分离器(12)的第一出口流向二氧化碳子压缩机(10),液体从二氧化碳分离器(12)的第二出口流出,储存在低压液体二氧化碳储罐(13)中;其中,热水罐(23)储存的热水排入预热器(2)中向二氧化碳传递热量,流经预热器(2)后的热水被输送到卡琳娜循环中回收热量,从卡琳娜循环流出的冷水被储存在冷水罐(15)中;

在卡琳娜循环过程中,氨水溶液在氨水蒸汽发生器(8)中吸收来自过热器(5)的蓄热介质中的余热,产生两相混合物,两相混合物在氨水分离器(7)中被分离,饱和富氨蒸汽从氨水分离器(7)的第一出口流出,输送到过热器(5)中吸收来自预热器(2)的蓄热介质中的余热,吸热后的饱和富氨蒸汽进入卡琳娜涡轮机(3)中膨胀发电;饱和贫氨液体经氨水分离器(7)的第二出口进入喷射器(4)作为一次流吸收卡琳娜涡轮排气,在喷射器(4)背面形成两相混合物,两相混合物流经冷凝器(19)被冷凝,冷凝后的液体输送至氨水蒸汽发生器(8)进行下一轮循环。

一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于储能技术领域,特别涉及一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统及方法。

背景技术

[0002] 随着科技的不断发展进步,能源成为了制约人类社会发展的主要因素。随着煤炭等化石燃料的过度消耗以及使用过程中带来的环境污染问题,可再生能源的开发以及利用日益被人们重视起来。然而,可再生能源具有高间歇性、随机性等特点,需要选择合适的储能系统来实现可再生能源发电的平稳输出。

[0003] 液态二氧化碳储能是一种新型的储能技术,该储能系统以二氧化碳为工质,储能时,利用可再生能源产生的电力推动压缩机压缩二氧化碳,储存能量,并回收压缩过程的压缩热;释能时,对储存的高压二氧化碳进行加热,使其在膨胀机中做功释放能量。然而,目前现有的液态二氧化碳储能系统存在着不能储存高频波动可再生能源、能量密度低、透平排气液化装置复杂的缺陷。

[0004] 综上,亟需一种新的液态二氧化碳储能系统及方法。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统及方法,以解决上述存在的一个或多个技术问题。本发明采用电加热器利用高频波动可再生电能来提高蓄热介质的温度,增大了储能系统的能量密度;采用自冷凝循环来液化透平排气,去除了传统的笨重复复杂的填充床式蓄冷器。

[0006] 为达到上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0007] 本发明的一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统,包括:二氧化碳涡轮机、预热器、卡琳娜涡轮机、喷射器、过热器、回热器、氨水分离器、氨水蒸汽发生器、预冷器、二氧化碳子压缩机、二氧化碳分离器、低压液体二氧化碳储罐、高压液体二氧化碳储罐、冷水罐、二氧化碳蒸发器、内部换热器、冷凝器、后冷器、二氧化碳压缩机、电加热器和热水罐;所述低压液体二氧化碳储罐的出口通过管路依次连通二氧化碳蒸发器的冷侧管路、内部换热器的冷侧管路、二氧化碳压缩机、后冷器的热侧管路、内部换热器的热侧管路、高压液体二氧化碳储罐的入口;所述高压液体二氧化碳储罐的出口通过管路依次连通回热器的冷侧管路、预热器的冷侧管路、二氧化碳涡轮机、回热器的热侧管路、预冷器的热侧管路和二氧化碳分离器的入口;二氧化碳分离器的第一出口通过管路依次连通二氧化碳子压缩机、预冷器的热侧管路的进口;二氧化碳分离器的第二出口通过管路与低压液体二氧化碳储罐的入口相连通;所述冷水罐的出口通过管路依次连通后冷器的热侧管路、电加热器、热水罐、预热器的热侧管路的进口;所述过热器的热侧管路的进口与预热器的热侧管路的出口相连通;所述过热器的热侧管路的出口通过管路依次与氨水蒸汽发生器的热侧管路、冷水罐的入口相连通;所述氨水蒸汽发生器的冷侧管路的出口通过管路与氨水分离器的进口相连

通;氨水分离器的第一出口通过管路依次连通过热器的冷侧管路、卡琳娜涡轮、喷射器的第一入口;氨水分离器的第二出口与喷射器的第二入口相连通;喷射器的出口通过管路、与冷凝器的热侧管路的进口相连通;冷凝器的热侧管路的出口与氨水蒸汽发生器的冷侧管路的进口相连通。

[0008] 本发明的进一步改进在于,还包括:减压节流阀,所述减压节流阀设置于所述预冷器与所述二氧化碳分离器之间。

[0009] 本发明的进一步改进在于,所述二氧化碳压缩机、所述二氧化碳子压缩机均传动连接有电动机。

[0010] 本发明的进一步改进在于,冷凝器的热侧管路的出口与氨水蒸汽发生器的冷侧管路的进口之间设置有氨水泵。

[0011] 本发明的进一步改进在于,所述氨水泵由电动机驱动。

[0012] 本发明的进一步改进在于,所述二氧化碳涡轮机、所述卡琳娜涡轮机均传动连接有发电机。

[0013] 本发明的进一步改进在于,所述二氧化碳蒸发器的热侧管路,用于通入循环水塔中。

[0014] 本发明的进一步改进在于,所述冷凝器的冷侧管路,用于通入循环水塔中。

[0015] 本发明的一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能方法,基于本发明上述的液态二氧化碳储能系统,包括以下步骤:

[0016] 在储能过程中,储存在低压液体二氧化碳储罐的液体二氧化碳流经二氧化碳蒸发器吸收热量变成饱和蒸汽,流经内部换热器吸收压缩后二氧化碳的压缩热变成高压超临界二氧化碳,高压超临界二氧化碳经过管路进入二氧化碳压缩机,被压缩后的超临界二氧化碳流经后冷器与来自冷水罐的冷水进行热量交换,吸收冷水中的冷能,温度降低,流经后冷器后的超临界二氧化碳经过内部换热器被冷凝,变成高压液体状态,储存在高压液体二氧化碳储罐中;其中,二氧化碳被压缩产生压缩热,环境水从冷水罐中排出,在后冷器中吸收压缩热,得到压缩热的水被输送到电加热器加热,输送到热水罐储存;

[0017] 在释能过程中,储存在高压液体二氧化碳储罐的液体二氧化碳流经回热器吸收涡轮出口残余高温二氧化碳的余热,变成超临界二氧化碳;流经预热器吸收来自热水罐储存的热水的热量达到最高温度,达到最高温度的超临界二氧化碳进入二氧化碳涡轮机进行膨胀和发电,涡轮的排气经过回热器换热后,作为一次流与来自二氧化碳子压缩机的二次流混合,混合流在预冷器中被环境水冷却,被冷却后的混合流流经二氧化碳分离器,气体通过二氧化碳分离器的第一出口流向二氧化碳子压缩机,液体从二氧化碳分离器的第二出口流出,储存在低压液体二氧化碳储罐中;其中,热水罐储存的热水排入预热器中向二氧化碳传递热量,流经预热器后的热水被输送到卡琳娜循环中回收热量,从卡琳娜循环流出的冷水被储存在冷水罐中;

[0018] 在卡琳娜循环过程中,氨水溶液在氨水蒸汽发生器中吸收来自过热器的蓄热介质中的余热,产生两相混合物,两相混合物在氨水分离器中被分离,饱和富氨蒸汽从氨水分离器的第一出口流出,输送到过热器中吸收来自预热器的蓄热介质中的余热,吸热后的饱和富氨蒸汽进入卡琳娜涡轮机中膨胀发电;饱和贫氨液体经氨水分离器的第二出口进入喷射器作为一次流吸收卡琳娜涡轮排气,在喷射器背面形成两相混合物,两相混物流经冷凝

器被冷凝,冷凝后的液体输送至氨水蒸汽发生器进行下一轮循环。

[0019] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0020] 本发明提供的液态二氧化碳储能系统,在蓄能时,采用电加热器利用高频波动可再生电能来进一步提高蓄热介质的温度,增大储能系统的能量密度;采用自冷凝循环来液化透平排气,去除了传统的笨重复复杂的填充床式蓄冷器;压缩前的二氧化碳与压缩后的二氧化碳在内部换热器中进行换热;所述电加热器将低质量的高频可再生能源产生的电能转化为热能储存。释能过程中,加热完二氧化碳的蓄热介质中还残有大量低品位余热,如果能够将蓄热介质中的余热利用起来,可以大大提高能源的利用效率;卡琳娜循环(Kalina Cycle)是一种有效的利用低品位热源的动力循环系统;但是在传统的基本卡琳娜循环中,饱和富氨蒸汽直接通过涡轮膨胀使涡轮内部形成气液两相混合流,会对涡轮叶片产生严重的腐蚀;并且高压贫氨溶液被节流到排气压力,在此过程中,贫氨溶液中的势能被损耗。本发明采用过热器进一步加热饱和富氨蒸汽,使涡轮内部流体一直是气体状态;采用喷射器利用高压贫氨溶液的压力能来降低涡轮排气的压力,增大膨胀比,继而增大系统的输出功。

[0021] 具体地,本发明在所述热水罐前增加了电加热器装置,提高了蓄热介质的储存温度,充分利用了蓄热介质的蓄热潜力。本发明在基本液体二氧化碳储能系统基础上,在所述涡轮机和低压液体二氧化碳储罐之间还引入了一个冷凝循环,解决了传统液体二氧化碳储能系统涡轮机出口二氧化碳难以凝结的问题。本发明通过高温液态二氧化碳储能系统与卡琳娜循环耦合,安全有效的利用了蓄热介质的余热,提高了能量的利用率。并且相较于基本卡琳娜循环,本发明做的创造性改善包括:在氨水涡轮机之前增加了过热器,以确保富氨蒸汽在涡轮机中的干膨胀,减少对涡轮机的腐蚀;利用喷射器来代替节流阀,增大了通过氨水轮机的压差,提高了氨水轮机的输出功率。

附图说明

[0022] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做简单的介绍;显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来说,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0023] 图1是本发明实施例的一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统的示意图;

[0024] 图中,1、二氧化碳涡轮机;2、预热器;3、卡琳娜涡轮机;4、喷射器;5、过热器;6、回热器;7、氨水分离器;8、氨水蒸汽发生器;9、预冷器;10、二氧化碳子压缩机;11、减压节流阀;12、二氧化碳分离器;13、低压液体二氧化碳储罐;14、高压液体二氧化碳储罐;15、冷水罐;16、二氧化碳蒸发器;17、氨水泵;18、内部换热器;19、冷凝器;20、后冷器;21、二氧化碳压缩机;22、电加热器;23、热水罐。

具体实施方式

[0025] 为使本发明实施例的目的、技术效果及技术方案更加清楚,下面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,所描述的实施例是本发明一部分实施例。基于本发明公开的实施例,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其它实施例,都应属于本发明保护的范围。

[0026] 请参阅图1,本发明实施例的一种耦合卡琳娜循环的液态二氧化碳储能系统,包括:二氧化碳涡轮机1、预热器2、卡琳娜涡轮机3、喷射器4、过热器5、回热器6、氨水分离器7、氨水蒸汽发生器8、预冷器9、二氧化碳子压缩机10、减压节流阀11、二氧化碳分离器12、低压液体二氧化碳储罐13、高压液体二氧化碳储罐14、冷水罐15、二氧化碳蒸发器16、氨水泵17、内部换热器18、冷凝器19、后冷器20、二氧化碳压缩机21、电加热器22和热水罐23。

[0027] 本发明的基于蓄热介质余热利用的耦合卡琳娜循环的高温液态二氧化碳储能系统,可划分为高温液态二氧化碳储能和释能单元、热能储存利用单元、卡琳娜循环单元三个功能模块。

[0028] 本发明实施例中,高温液态二氧化碳储能和释能单元包括:通过管路依次连接的低压液体二氧化碳储罐13、二氧化碳蒸发器16、内部换热器18、二氧化碳压缩机21、后冷器20、高压液体二氧化碳储罐14、回热器6、预热器2、二氧化碳涡轮机1、预冷器9、二氧化碳分离器12、二氧化碳子压缩机10、低压液体二氧化碳储罐13;其中,低压液体二氧化碳储罐13的出口连接二氧化碳蒸发器16的冷侧入口,二氧化碳蒸发器16的冷侧出口连接内部换热器18的冷侧入口,内部换热器18的冷侧出口连接二氧化碳压缩机21的入口,二氧化碳压缩机21的出口连接后冷器20热侧管路入口,后冷器20热侧管路出口连接内部换热器18热侧管路入口,内部换热器18热侧管路出口连接高压液体二氧化碳储罐14入口,高压液体二氧化碳储罐14出口连接回热器6冷侧管路入口,回热器6冷侧管路出口连接预热器2冷侧管路入口,预热器2冷侧管路出口连接二氧化碳涡轮机1入口,二氧化碳涡轮机1出口连接回热器6热侧管路入口,回热器6热侧管路出口连接预冷器9热侧管路入口,预冷器9热侧管路出口连接二氧化碳分离器12入口;二氧化碳分离器12的第一出口连接二氧化碳子压缩机10入口,二氧化碳子压缩机10出口连接预冷器9入口,二氧化碳分离器12的第二出口连接低压液体二氧化碳储罐13的入口。

[0029] 本发明实施例中,热能储存利用单元包括:通过管路依次连接的冷水罐15、后冷器20、电加热器22、热水罐23、预热器2;其中,冷水罐15出口连接后冷器20冷侧管路的入口,后冷器20冷侧管路的出口连接电加热器22的入口,电加热器22的出口连接热水罐23的入口,热水罐23的出口连接预热器2热侧管路的入口。

[0030] 本发明实施例中,卡琳娜循环单元包括:过热器5、氨水分离器7、氨水蒸汽发生器8、冷凝器19、喷射器4、卡琳娜循环涡轮3;其中,热能储存利用单元的预热器2热侧管路的出口连接过热器5热侧管路的入口,过热器5热侧管路的出口连接氨水蒸汽发生器8的热侧管路入口,氨水蒸汽发生器8的热侧管路出口连接冷水罐15的入口;氨水泵17的出口连接氨水蒸汽发生器8冷侧管路的入口,氨水蒸汽发生器8冷侧管路的出口连接氨水分离器7的入口;氨水分离器7的第一出口连接过热器5冷侧管路的入口,过热器5冷侧管路的出口连接卡琳娜涡轮机3的入口,卡琳娜涡轮机3的出口连接喷射器4的第一入口,氨水分离器7的第二出口连接喷射器4的第二入口,喷射器4的出口连接冷凝器19的入口,冷凝器19的出口连接氨水泵17的入口。

[0031] 本发明实施例中,预冷器9的热侧出口与氨水分离器12的入口之间设置有减压节流阀11。冷凝器19的出口与氨水蒸汽发生器8冷侧入口之间设置有氨水泵17。

[0032] 本发明实施例中,针对现有技术的缺陷和不足,为回收蓄热介质余热、充分利用蓄

热介质的储热潜力、减少卡琳娜循环中涡轮叶片的腐蚀、减少卡琳娜循环中贫氨溶液中势能消散,提出了一种耦合卡琳娜循环的高温液态二氧化碳储能系统,该系统结合了创新的卡琳娜循环,解决了基本卡琳娜循环中涡轮叶片腐蚀以及贫氨溶液势能浪费问题,通过高温液态二氧化碳储能系统耦合卡琳娜循环,安全有效的利用蓄热介质余热,提高了能量的利用率。并在蓄热介质热储罐前增加了电加热器,使蓄热介质的蓄热潜力得到了充分利用。

[0033] 本发明的基于蓄热介质余热利用的耦合卡琳娜循环的高温液态二氧化碳储能系统,其工作原理及具体操作过程为:

[0034] 在储能过程中,高温液态二氧化碳储能和释能单元、热能储存利用单元均工作。储存在低压液体二氧化碳储罐的液体二氧化碳首先流经二氧化碳蒸发器吸收热量变成饱和蒸汽,然后流经内部换热器,吸收压缩后二氧化碳的压缩热,变成高压超临界二氧化碳,高压超临界二氧化碳经过管路进入二氧化碳压缩机,被压缩后的超临界二氧化碳流经后冷器与来自冷水罐的冷水进行热量交换,吸收冷水中的冷能,温度降低,流经后冷器后的超临界二氧化碳经过内部换热器被冷凝,变成高压液体状态,被储存在高压液体二氧化碳储罐中。由于二氧化碳被压缩会产生压缩热,环境水从冷水罐中排出,在后冷器中吸收压缩热,得到压缩热的水被输送到电加热器进一步加热,然后被输送到热水罐储存起来用于释能过程的后期利用。

[0035] 在释能过程中,高温液态二氧化碳储能和释能单元、热能储存和利用单元、创新的卡琳娜循环单元均工作。储存在高压液体二氧化碳储罐的液体二氧化碳首先流经回热器吸收涡轮出口残余高温二氧化碳的余热,变成超临界二氧化碳,然后流经预热器吸收来自热水罐储存的热水的热量达到最高温度,达到最高温度的超临界二氧化碳进入膨胀机进行膨胀和发电。涡轮的排气经过回热器换热后,作为一次流与来自子压缩机的二次流混合,随后混合流在预冷器中被环境水冷却,被冷却后的混合流流经节流阀被节流扩展成气液流动,然后流经二氧化碳分离器,气体通过二氧化碳分离器第一出口流向子压缩机,液体从二氧化碳分离器第二出口流出,被储存在低压液体二氧化碳储罐中。因为高压液体二氧化碳储罐排出的液体二氧化碳需要吸收热量,所以在此过程中,热水罐储存的热水被排出在预热器中向二氧化碳传递热量,流经预热器后的热水被输送到卡琳娜循环中进一步回收热量,最后,从卡琳娜循环流出的冷水被储存在冷水罐中,继续用于储能过程的后期利用。

[0036] 在卡琳娜循环过程中,高温液态二氧化碳储能和释能单元、热能储存和利用单元、创新的卡琳娜循环单元均工作。基本氨水溶液在氨水蒸汽发生器中吸收来自过热器的蓄热介质中的余热,产生两相混合物,两相混合物在分离器中被分离,饱和富氨蒸汽从氨水分离器第一出口流出,被输送到过热器中吸收来自预热器的蓄热介质中的余热,吸热后的饱和富氨蒸汽进入卡琳娜涡轮机中膨胀发电。饱和贫氨液体经氨水分离器第二出口,进入喷射器作为一次流吸收卡琳娜涡轮排气,在喷射器背面形成两相混合物,两相混物流经冷凝器被冷凝,最后冷凝后的液体经氨水泵被输送至氨水蒸汽发生器进行下一轮循环。

[0037] 由以上技术方案可知,本发明的基于蓄热介质余热利用的耦合卡琳娜循环的高温液态二氧化碳储能系统,其技术优点是:本发明通过高温液态二氧化碳储能系统与卡琳娜循环耦合,安全有效的利用了蓄热介质的余热,提高了能量的利用率。并且相较于基本卡琳娜循环,本发明做了两点改善:1. 在氨水涡轮机之前增加了过热器,以确保富氨蒸汽在涡轮机中的干膨胀,减少对涡轮机的腐蚀;2. 利用喷射器来代替节流阀,增大了通过氨水轮机的

压差,提高了氨水轮机的输出功率。本发明在所述热水罐前增加了电加热器装置,提高了蓄热介质的储存温度,充分利用了蓄热介质的蓄热潜力。本发明在基本液体二氧化碳储能系统基础上,在所述涡轮机和低压液体二氧化碳储罐之间还引入了一个冷凝循环,解决了传统液体二氧化碳储能系统涡轮机出口二氧化碳难以凝结的问题。

[0038] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,均在申请待批的本发明的权利要求保护范围之内。

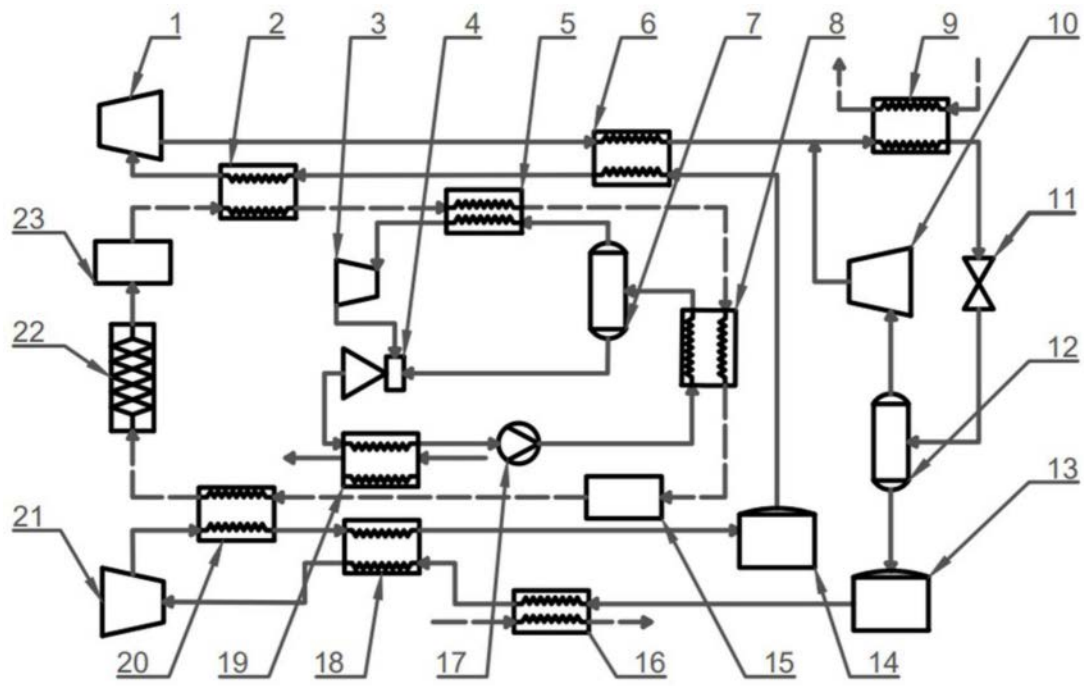


图1