



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113864017 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 25

(21) 申请号 202111130605.9
(22) 申请日 2021.09.26
(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113864017 A

F01K 25/06 (2006.01)
F01K 25/10 (2006.01)
F01D 15/10 (2006.01)
F03G 4/00 (2006.01)
F03G 4/02 (2006.01)

(43) 申请公布日 2021.12.31
(73) 专利权人 西安石油大学
地址 710065 陕西省西安市电子二路东段
18号

(56) 对比文件
KR 20130099616 A, 2013.09.06
审查员 牛泽伟

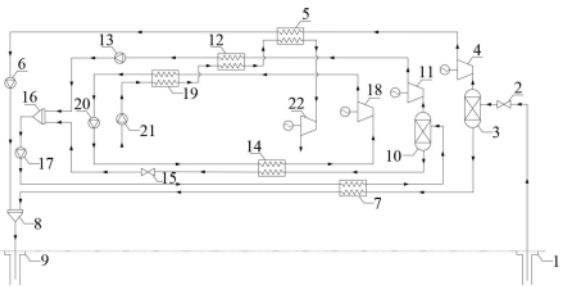
(72) 发明人 李冉 李默翻 潘杰 唐凌虹
白俊华 吕涛 翁羽 刘佳伦
(74) 专利代理机构 西安智大知识产权代理事务
所 61215
专利代理师 季海菊

(51) Int. Cl.
F01K 23/04 (2006.01)

权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称
一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统

(57) 摘要
一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,包括地热闪蒸循环系统、卡琳娜循环系统、有机朗肯循环系统和天然气直接膨胀系统;本发明将地热闪蒸循环系统、卡琳娜循环系统、有机朗肯循环系统和天然气直接膨胀系统用于LNG冷能和中低温地热能耦合发电;在提高联合循环系统热效率、烟效率和发电效率的同时,解决了现有技术中LNG冷能利用不充分、用冷温位与LNG温度不匹配等问题,实现了LNG冷能的梯级集成利用以及LNG冷能和地热能的高效互补利用,具有结构合理紧凑、控制安全灵活、高效节能、实用性强及成本低廉的优点。



1. 一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,包括地热闪蒸循环系统、卡琳娜循环系统、有机朗肯循环系统和天然气直接膨胀系统,其特征在于:地热闪蒸循环系统采用从地热水井收集的地热能作为热源,吸热后的汽水混合物气液分离后,分别为卡琳娜循环和天然气直接膨胀过程提供热量,而卡琳娜循环中吸收了地热能热量的氨水混合物气液分离后,又分别为有机朗肯循环和天然气直接膨胀过程提供热量;采用LNG作为有机朗肯循环的冷源,经LNG冷却后的有机工质和LNG又作为卡琳娜循环的冷源,经冷却后的氨水和LNG再作为地热闪蒸循环的冷源。

2. 根据权利要求1所述的一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,其特征在于:所述的地热闪蒸循环系统包括地热水井(1),地热水井(1)的出口侧连入第一节流阀(2)的进口侧,第一节流阀(2)的出口侧与第一分离器(3)的工质进口侧相连通,第一分离器(3)的液相出口端连入第二换热器(7)的热流进口侧,第一分离器(3)的气相出口端连入地热透平膨胀机(4)的进口侧,地热透平膨胀机(4)的出口侧与第一换热器(5)的热流进口侧相连通,第一换热器(5)的热流出口侧连入地热泵(6)的工质进口侧,地热泵(6)的工质出口侧与第二换热器(7)的热流出口侧分别连入第一混合器(8)的两个进口侧,第一混合器(8)的出口侧通入回灌井(9)。

3. 根据权利要求1所述的一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,其特征在于:所述的卡琳娜循环系统包括第二氨水泵(17),第二氨水泵(17)的工质出口侧与第二换热器(7)的冷流进口侧连接,第二换热器(7)的冷流出口侧接入第二分离器(10)的工质进口侧,第二分离器(10)的气相出口端与氨气透平膨胀机(11)的进气口相连通,第二分离器(10)的液相出口端与第四换热器(14)的热流进口侧相连接,第四换热器(14)的热流出口侧与第二节流阀(15)进口侧相连接,氨气透平膨胀机(11)的出气口连入第三换热器(12)的热流进口侧,第三换热器(12)的热流出口侧连入第一氨水泵(13)的工质进口侧,第一氨水泵(13)的工质出口侧与第二节流阀(15)的出口侧通过第二混合器(16)连入第二氨水泵(17)的工质进口侧。

4. 根据权利要求1所述的一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,其特征在于:所述的有机朗肯循环系统包括有机工质泵(20),有机工质泵(20)的工质出口侧连入第四换热器(14)的冷流进口侧,第四换热器(14)的冷流出口侧连入有机朗肯透平膨胀机(18)的工质进口侧,有机朗肯透平膨胀机(18)的出气口与第五换热器(19)的热流进口侧相连通,第五换热器(19)的热流出口侧连入有机工质泵(20)的工质进口侧。

5. 根据权利要求1所述的一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,其特征在于:所述的天然气直接膨胀系统包括LNG泵(21),LNG泵(21)的工质出口侧连入第五换热器(19)的冷流进口侧,第五换热器(19)的冷流出口侧与第三换热器(12)的冷流进口侧相连通,第三换热器(12)的冷流出口侧与第一换热器(5)的冷流进口侧相连通,第一换热器(5)的冷流出口侧连入天然气透平膨胀机(22)的工质进口侧。

6. 根据权利要求5所述的一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,其特征在于:所述LNG泵(21)的工质进口侧的工质为液化天然气。

7. 根据权利要求1或3所述的一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,其特征在于:所述卡琳娜循环中采用LNG为冷源介质;采用氨水混合物为循环介质。

8. 根据权利要求1或4所述的一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,其特征在于:所述有机朗肯循环中采用LNG为冷源介质。

9. 根据权利要求1或4所述的一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,其特征在于:所述有机朗肯循环中的有机工质包括R134a四氟乙烷、R245fa五氟丙烷、R365mfc五氟丁烷、n-Nonane正壬烷、n-Octane正辛烷及n-Pentane正戊烷。

10. 根据权利要求5所述的一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,其特征在于:所述天然气透平膨胀机(22)的出口侧直接连至终端用户。

一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种LNG冷能和地热能互补利用系统,具体涉及一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统。

背景技术

[0002] LNG(liquefied natural gas,液化天然气)需要气化至常温后供给用户使用。LNG在气化过程中会释放大约830~860kWh/kg的冷能,如果能够对这部分冷能加以利用,会产生巨大的经济效益。以氨水混合物作为工质的卡琳娜循环在中低温热能利用中具有显著优势。在卡琳娜循环中,氨水混合物的吸热蒸发过程为变温过程,可以使热源的放热过程与混合工质的吸热过程曲线更好的匹配,从而最大限度地降低放热过程中的不可逆损失,提高其热能利用效率。将LNG作为卡琳娜循环的冷源能够进一步提高其发电效率,但该技术仅能利用LNG某一温度范围内的冷能,造成了其他温度范围LNG冷能的大量浪费,导致对LNG冷能的利用率不高。以低沸点烃类及其混合物为工质的有机朗肯循环在利用低品位热能方面具有众多优势。将LNG作为有机朗肯循环的冷源能够进一步提高其发电效率,但该技术同样仅能利用LNG某一温度范围内的冷能,对LNG冷能的利用率不高,且存在有机朗肯循环工质所需冷却温度与LNG所提供温度不匹配的问题。

[0003] 基于地热能的地热闪蒸循环具有发电成本低、二氧化碳排放量少、不受天气和季节气候变化影响等优点,但地热能作为低品位热源,其发电效率较低。而将LNG作为地热闪蒸循环的冷源又存在冷热源温差较大导致的**焓**损较高等问题。天然气直接膨胀发电技术具有工艺简单、成本低廉等优点,但仅能利用LNG的压力能,同样存在冷能利用率低的缺点。

[0004] 综上所述,地热闪蒸循环、卡琳娜循环和有机朗肯循环都只是对LNG冷能的单一利用,因此存在LNG冷能利用不充分、用冷温位与LNG温度不匹配、**焓**损失较大等问题。

发明内容

[0005] 为了解决上述现有技术的不足,本发明的目的在于提供了一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,该系统将地热闪蒸循环、卡琳娜循环、有机朗肯循环和天然气直接膨胀发电技术相结合,既实现了LNG冷能的梯级集成利用,同时又实现了地热能与LNG冷能的高效互补利用,在提高了发电系统的热效率、**焓**效率和发电效率的同时,也解决了LNG冷能利用不充分、用冷温位与LNG温度不匹配等问题,具有结构合理紧凑、控制安全灵活、高效节能、实用性强以及成本低廉的优点。

[0006] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,包括地热闪蒸循环系统、卡琳娜循环系统、有机朗肯循环系统和天然气直接膨胀系统;其中,地热闪蒸循环系统采用从地热水井1收集的地热能作为热源,吸热后的汽水混合物气液分离后,分别为

卡琳娜循环和天然气直接膨胀过程提供热量,而卡琳娜循环中吸收了地热能热量的氨水混合物气液分离后,又分别为有机朗肯循环和天然气直接膨胀过程提供热量;采用LNG作为有机朗肯循环的冷源,经LNG冷却后的有机工质和LNG又作为卡琳娜循环的冷源,经冷却后的氨水和LNG再作为地热闪蒸循环的冷源。

[0008] 所述的地热闪蒸循环系统包括地热水井1,地热水井1的出口侧连入第一节流阀2的进口侧,第一节流阀2的出口侧与第一分离器3的工质进口侧相连通,第一分离器3的液相出口端连入第二换热器7的热流进口侧,第一分离器3的气相出口端连入地热透平膨胀机4的进口侧,地热透平膨胀机4的出口侧与第一换热器5的热流进口侧相连通,第一换热器5的热流出口侧连入地热泵6的工质进口侧,地热泵6的工质出口侧与第二换热器7的热流出口侧分别连入第一混合器8的两个进口侧,第一混合器8的出口侧通入回灌井9。

[0009] 所述的卡琳娜循环系统包括第二氨水泵17,第二氨水泵17的工质出口侧与第二换热器7的冷流进口侧连接,第二换热器7的冷流出口侧接入第二分离器10的工质进口侧,第二分离器10的气相出口端与氨气透平膨胀机11的进气口相连通,第二分离器10的液相出口端与第四换热器14的热流进口侧相连接,第四换热器14的热流出口侧与第二节流阀15进口侧相连接,氨气透平膨胀机11的出气口连入第三换热器12的热流进口侧,第三换热器12的热流出口侧连入第一氨水泵13的工质进口侧,第一氨水泵13的工质出口侧与第二节流阀15的出口侧通过第二混合器16连入第二氨水泵17的工质进口侧。

[0010] 所述的有机朗肯循环系统包括有机工质泵20,有机工质泵20的工质出口侧连入第四换热器14的冷流进口侧,第四换热器14的冷流出口侧连入有机朗肯透平膨胀机18的工质进口侧,有机朗肯透平膨胀机18的出气口与第五换热器19的热流进口侧相连通,第五换热器19的热流出口侧连入有机工质泵20的工质进口侧。

[0011] 所述的天然气直接膨胀系统包括LNG泵21,LNG泵21的工质出口侧连入第五换热器19的冷流进口侧,第五换热器19的冷流出口侧与第三换热器12的冷流进口侧相连通,第三换热器12的冷流出口侧与第一换热器5的冷流进口侧相连通,第一换热器5的冷流出口侧连入天然气透平膨胀机22的工质进口侧。

[0012] 所述LNG泵21的工质进口侧的工质为液化天然气。

[0013] 所述卡琳娜循环中采用LNG为冷源介质;采用氨水混合物为循环介质。

[0014] 所述有机朗肯循环中采用LNG为冷源介质。

[0015] 所述有机工质包括R134a四氟乙烷、R245fa五氟丙烷、R365mfc五氟丁烷、n-Nonane正壬烷、n-Octane正辛烷及n-Pentane正戊烷。

[0016] 所述天然气透平膨胀机22的出口侧直接连至终端用户。

[0017] 本发明的有益效果在于:

[0018] 将LNG作为有机朗肯循环的冷源,经LNG冷却后的有机工质和LNG又作为卡琳娜循环的冷源,经冷却后的氨水和LNG再作为地热闪蒸循环的冷源,合理匹配了LNG温度与其他循环所需冷温,并使得LNG各个温度范围内的冷能均被有效回收利用,实现了对LNG冷能的梯级利用;采用地热水井收集中低温地热能,并作为热源供给地热闪蒸循环,吸热后的汽水混合物通过气液分离后,分别为卡琳娜循环和天然气直接膨胀过程提供热量,而卡琳娜循环中吸收了地热能热量的氨水混合物通过气液分离后,又分别为有机朗肯循环和天然气直接膨胀过程提供热量,实现了对地热能的高效利用,并减小了地热水与LNG的换热温差,有

效提高了系统的**烟**效率。

[0019] 本发明在提高联合循环系统热效率、**烟**效率和发电效率的同时,科学合理地解决了现有技术中LNG冷能利用不充分、用冷温位与LNG温度不匹配等问题,实现了LNG冷能的梯级集成利用以及LNG冷能和地热能的高效互补利用,具有结构合理紧凑、控制安全灵活、高效节能、实用性强及成本低廉的优点。

附图说明

[0020] 图1为本发明的结构示意图。

[0021] 图中:1、地热水井;2、第一节流阀;3、第一分离器;4、地热透平膨胀机;5、第一换热器;6、地热泵;7、第二换热器;8、第一混合器;9、回灌井;10、第二分离器;11、氨气透平膨胀机;12、第三换热器;13、第一氨水泵;14、第四换热器;15、第二节流阀;16、第二混合器;17、第二氨水泵;18、有机朗肯透平膨胀机;19、第五换热器;20、有机工质泵;21、LNG泵;22、天然气透平膨胀机。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图对本发明做进一步详细说明。

[0023] 参见图1,一种利用LNG冷能和地热能的卡琳娜-有机朗肯联合循环发电系统,包括地热闪蒸循环系统、卡琳娜循环系统、有机朗肯循环系统和天然气直接膨胀系统;其中,地热闪蒸循环系统采用从地热水井1收集的地热能作为热源,吸热后的汽水混合物气液分离后,分别为卡琳娜循环和天然气直接膨胀过程提供热量,而卡琳娜循环中吸收了地热能热量的氨水混合物气液分离后,又分别为有机朗肯循环和天然气直接膨胀过程提供热量;采用LNG作为有机朗肯循环的冷源,经LNG冷却后的有机工质和LNG又作为卡琳娜循环的冷源,经冷却后的氨水和LNG再作为地热闪蒸循环的冷源。

[0024] 所述的地热闪蒸循环系统包括地热水井1,地热水井1的出口侧连入第一节流阀2的进口侧,第一节流阀2的出口侧与第一分离器3的工质进口侧相连通,第一分离器3的液相出口端连入第二换热器7的热流进口侧,第一分离器3的气相出口端连入地热透平膨胀机4的进口侧,地热透平膨胀机4的出口侧与第一换热器5的热流进口侧相连通,第一换热器5的热流出口侧连入地热泵6的工质进口侧,地热泵6的工质出口侧与第二换热器7的热流出口侧分别连入第一混合器8的两个进口侧,第一混合器8的出口侧通入回灌井9。

[0025] 所述的卡琳娜循环系统包括第二氨水泵17,第二氨水泵17的工质出口侧与第二换热器7的冷流进口侧连接,第二换热器7的冷流出口侧接入第二分离器10的工质进口侧,第二分离器10的气相出口端与氨气透平膨胀机11的进气口相连通,第二分离器10的液相出口端与第四换热器14的热流进口侧相连接,第四换热器14的热流出口侧与第二节流阀15进口侧相连接,氨气透平膨胀机11的出气口连入第三换热器12的热流进口侧,第三换热器12的热流出口侧连入第一氨水泵13的工质进口侧,第一氨水泵13的工质出口侧与第二节流阀15的出口侧通过第二混合器16连入第二氨水泵17的工质进口侧。

[0026] 所述的有机朗肯循环系统包括有机工质泵20,有机工质泵20的工质出口侧连入第四换热器14的冷流进口侧,第四换热器14的冷流出口侧连入有机朗肯透平膨胀机18的工质

进口侧,有机朗肯透平膨胀机18的出气口与第五换热器19的热流进口侧相连通,第五换热器19的热流出口侧连入有机工质泵20的工质进口侧。

[0027] 所述的天然气直接膨胀系统包括LNG泵21,LNG泵21的工质出口侧连入第五换热器19的冷流进口侧,第五换热器19的冷流出口侧与第三换热器12的冷流进口侧相连通,第三换热器12的冷流出口侧与第一换热器5的冷流进口侧相连通,第一换热器5的冷流出口侧连入天然气透平膨胀机22的工质进口侧。

[0028] 所述LNG泵21的工质进口侧的工质为液化天然气。

[0029] 所述卡琳娜循环中采用LNG为冷源介质。

[0030] 所述卡琳娜循环中采用氨水混合物为循环介质。

[0031] 所述有机朗肯循环中采用LNG为冷源介质。

[0032] 所述有机工质为常用有机工质中的任一种,包括R134a四氟乙烷、R245fa五氟丙烷、R365mfc五氟丁烷、n-Nonane正壬烷、n-Octane正辛烷及n-Pentane正戊烷等。

[0033] 所述天然气透平膨胀机22的出口侧直接连至终端用户。

[0034] 本发明的工作原理如下:将地热水井1开采出来的汽水混合物经第一节流阀2节流降压后送入第一分离器3中进行气液分离,分离出来的水在第二换热器7中用来加热氨水混合物,分离出来的蒸汽进入地热透平膨胀机4做功发电,乏气在第一换热器5中被LNG冷凝,随后与第二换热器7排出的地热水在第一混合器8中混合,并被输送至回灌井9而回到地下,完成地热闪蒸循环;经第二氨水泵17增压后的氨水在第二换热器7中与地热水换热,被加热成为氨水混合物后进入第二分离器10中气液分离,气相进入氨气透平膨胀机11中发电,完成发电过程后在第三换热器12中被LNG冷却并被第一氨水泵13输送至第二混合器16,液相在第四换热器14中被有机工质冷却,随后经第二节流阀15节流降压后通入第二混合器16,混合后的氨水进入第二氨水泵17,完成卡琳娜循环;经有机工质泵20加压后的有机工质在第四换热器14中被氨水加热,随后高温高压的有机工质进入有机朗肯透平膨胀机18发电,完成发电过程后进入第五换热器19中被LNG冷却成液态,最后进入有机工质泵20,完成有机朗肯循环;经LNG泵加压后的LNG分别在第五换热器19、第三换热器12和第一换热器5中与有机工质、氨气和地热蒸汽交换热量,成为高温高压的天然气后再带动天然气透平膨胀机11做功发电,完成天然气直接膨胀过程。

[0035] 显然,以上具体实施方式中仅用于说明本发明的技术方案而非穷举,尽管参照上述具体实施方式对本发明进行了详细说明,所属领域的普通技术人员应当理解: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,而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,其均应涵盖在权利要求范围当中。

