(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 214741510 U
(45)授权公告日 2021.11.16

(21)申请号 202121154534.1

(22)申请日 2021.05.26

(73)专利权人 西安热工研究院有限公司
地址 710048 陕西省西安市碑林区兴庆路136号

(72)发明人 乔永强 李红智 顾正萌 张旭伟 吴家荣 姚明宇

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200
代理人 陈翠兰

(51)Int.Cl.
*F01K 7/32*(2006.01)
*F01K 23/02*(2006.01)
*F01K 25/10*(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

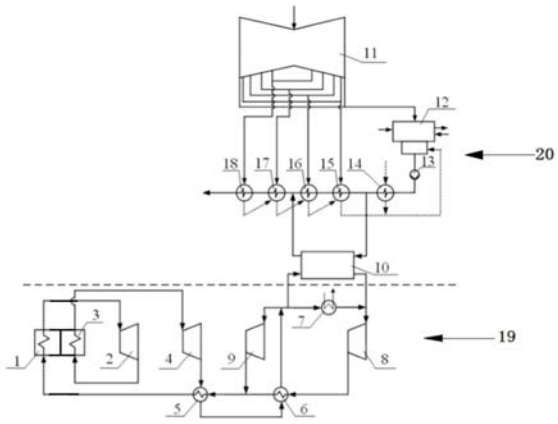
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)实用新型名称

超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统

(57)摘要

本实用新型公开超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统，通过汽轮机低压缸连接的多个低压加热器、轴封加热器和凝汽器，由疏水管道连接凝汽器入口，形成蒸汽放热后液化回流系统，凝汽器热侧出口通过轴封加热器一端连接二氧化碳与凝结水换热器冷侧，用以吸收连接二氧化碳与凝结水换热器热侧的超临界二氧化碳布雷顿循环冷端的余热，进行辅助加热；同时能够减少汽轮机低压缸的抽汽量，增加汽轮发电机组的发电功率；另一端依次连接多个低压加热器，二氧化碳与凝结水换热器冷侧出口连接在多个低压加热器的中间位置，充分利用凝结水加热系统吸热和超临界二氧化碳布雷顿循环冷端余热相配合，进而减少循环冷源热损失。




CN 214741510 U

1.超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统,其特征在于,包括凝结水加热系统(20)、二氧化碳与凝结水换热器(10)和超临界二氧化碳循环发电系统(19);

所述凝结水加热系统(20)包括凝汽器(12)、轴封加热器(14)和汽轮机低压缸(11)上连接的多个低压加热器;多个低压加热器和轴封加热器(14)的输出端通过疏水管道连接凝汽器(12),凝汽器(12)热侧出口依次连接轴封加热器(14)和多个低压加热器;

轴封加热器(14)与相邻低压加热器之间连接二氧化碳与凝结水换热器(10)的冷侧入口,二氧化碳与凝结水换热器(10)的冷侧出口连接多个低压加热器之间位置;

所述超临界二氧化碳循环发电系统(19)的冷端连接二氧化碳与凝结水换热器(10)热侧。

2.根据权利要求1所述超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统,其特征在于,所述超临界二氧化碳循环发电系统(19)的冷端包括预冷器(7)、主压缩机(8)和再压缩机(9);

冷端入口同时连接再压缩机(9)入口和预冷器(7)热侧入口,预冷器(7)热侧出口与主压缩机(8)入口连接;所述预冷器(7)热侧入口连接二氧化碳与凝结水换热器(10)热侧入口,热侧出口连接二氧化碳与凝结水换热器(10)热侧出口;主压缩机(8)和再压缩机(9)的出口分别为冷端出口。

3.根据权利要求2所述超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统,其特征在于,所述超临界二氧化碳循环发电系统(19)还包括加热器(1)、高压透平(2)、再热器(3)、低压透平(4)、高温回热器(5)和低温回热器(6);

所述加热器(1)工质入口与高温回热器(5)冷侧出口连接,加热器(1)工质出口与高压透平(2)入口连接,高压透平(2)出口与再热器(3)工质入口连接,再热器(3)工质出口连接低压透平(4)入口,低压透平(4)出口依次与高温回热器(5)、低温回热器(6)热侧连接;

主压缩机(8)出口依次与低温回热器(6)、高温回热器(5)冷侧相连,再压缩机(9)出口连接高温回热器(5)冷侧入口。

4.根据权利要求1所述超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统,其特征在于,所述汽轮机低压缸(11)由温度从高到低依次分别连接多个低压加热器、一个轴封加热器(14)和一个凝汽器(12)。

5.根据权利要求1所述超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统,其特征在于,所述凝结水加热系统(20)工作介质为水与水蒸气。

6.根据权利要求1所述超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统,其特征在于,超临界二氧化碳循环发电系统(19)工作介质为超临界的二氧化碳。

7.根据权利要求1所述超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统,其特征在于,二氧化碳与凝结水换热器(10)的冷侧出口连接位置的介质温度高于设定的温度阈值。

8.根据权利要求1所述超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统,其特征在于,凝汽器(12)热侧出口和轴封加热器(14)冷侧之间设置有凝结水泵(13)。

# 超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统

## 技术领域

[0001] 本实用新型涉及发电技术领域，特别涉及超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统。

## 背景技术

[0002] 传统蒸汽朗肯循环发电系统中，为了提高循环效率和发电效率，通常采用多级回热技术，通过抽取已在汽轮机做过功的部分蒸汽来加热凝结水和给水，提高锅炉进口给水温度，从而提高朗肯循环吸热过程的平均温度，达到提高循环效率的目的，而抽汽回热必然造成发电功率减少和冷源热损失增加。

[0003] 超临界二氧化碳布雷顿循环是以超临界状态$CO_2$作为循环工质的热力循环系统。该循环在600℃可以达到传统蒸汽朗肯循环700℃的效率，技术继承性好，可以基于现有材料实现；同时具有压缩功小，结构紧凑、体积小、系统简单、启停灵活、噪声小、建造成本低、运行维护成本和社会用电成本低、使用温度范围广等诸多潜在优势。在燃煤发电、太阳能发电、核能发电、舰船动力和余热利用等领域具有广阔的应用前景。

[0004] 超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中，预冷器入口的二氧化碳温度较高，直接通过预冷器冷却会造成大量冷源热损失，回收利用这部分热量有助于降低系统的热损失，提高能源利用率。

## 实用新型内容

[0005] 针对现有技术中预冷器入口的二氧化碳温度较高，直接通过预冷器冷却会造成大量冷源热损失，本实用新型提供超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统。

[0006] 本实用新型是通过以下技术方案来实现：

[0007] 超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统，包括凝结水加热系统、二氧化碳与凝结水换热器和超临界二氧化碳循环发电系统；凝结水加热系统包括凝汽器、轴封加热器和汽轮机低压缸上连接的多个低压加热器；多个低压加热器和轴封加热器的输出端通过疏水管道连接凝汽器，凝汽器热侧出口依次连接轴封加热器和多个低压加热器；轴封加热器与相邻低压加热器之间连接二氧化碳与凝结水换热器的冷侧入口，二氧化碳与凝结水换热器的冷侧出口连接多个低压加热器之间位置；超临界二氧化碳循环发电系统的冷端连接二氧化碳与凝结水换热器热侧。

[0008] 进一步，超临界二氧化碳循环发电系统的冷端包括预冷器、主压缩机和再压缩机；冷端入口同时连接再压缩机入口和预冷器热侧入口，预冷器热侧出口与主压缩机入口连接；所述预冷器热侧入口连接二氧化碳与凝结水换热器热侧入口，热侧出口连接二氧化碳与凝结水换热器热侧出口；主压缩机和再压缩机的出口分别为冷端出口。

[0009] 进一步，超临界二氧化碳循环发电系统还包括加热器、高压透平、再热器、低压透平、高温回热器和低温回热器；加热器工质入口与高温回热器冷侧出口连接，加热器工质出口与高压透平入口连接，高压透平出口与再热器工质入口连接，再热器工质出口连接低压

透平入口，低压透平出口依次与高温回热器、低温回热器热侧连接；主压缩机出口依次与低温回热器、高温回热器冷侧相连，再压缩机出口连接高温回热器冷侧入口。

[0010] 进一步，汽轮机低压缸由温度从高到低依次分别连接多个低压加热器、一个轴封加热器和一个凝汽器。

[0011] 进一步，凝结水加热系统工作介质为水与水蒸气。

[0012] 进一步，超临界二氧化碳循环发电系统工作介质为超临界的二氧化碳。

[0013] 进一步，二氧化碳与凝结水换热器的冷侧出口连接位置的介质温度高于设定的温度阈值。

[0014] 进一步，凝汽器热侧出口和轴封加热器冷侧之间设置有凝结水泵。

[0015] 与现有技术相比，本实用新型具有以下有益的技术效果：

[0016] 本系统通过汽轮机低压缸连接的多个低压加热器、轴封加热器和凝汽器，由疏水管道连接凝汽器入口，形成蒸汽放热后液化回流系统，凝汽器热侧出口通过轴封加热器一端连接二氧化碳与凝结水换热器冷侧，用以吸收连接二氧化碳与凝结水换热器热侧的超临界二氧化碳布雷顿循环冷端的余热，进行辅助加热；同时能够减少汽轮机低压缸的抽汽量，增加汽轮发电机组的发电功率；另一端依次连接多个低压加热器，二氧化碳与凝结水换热器冷侧出口连接在多个低压加热器的中间位置，充分利用凝结水加热系统吸热和超临界二氧化碳布雷顿循环冷端余热相配合，进而减少循环冷源热损失。

[0017] 进一步，汽轮机低压缸由蒸汽温度从高到底依次连接蒸汽管道分别连接多个低压加热器、轴封加热器和凝汽器，根据其蒸汽能量逐级递减，对应设计二氧化碳与凝结水换热器的接入点，使得热量最大化的利用。

## 附图说明

[0018] 图1为本实用新型具体实施例的超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统示意图。

[0019] 图中：1为加热器、2为高压透平、3为再热器、4为低压透平、5为高温回热器、6为低温回热器、7为预冷器、8为主压缩机、9为再压缩机、10为二氧化碳与凝结水换热器、11为汽轮机低压缸、12为凝汽器、13为凝结水泵、14为轴封加热器、15为八号低压加热器、16为七号低压加热器、17为六号低压加热器、18为五号低压加热器、19为超临界二氧化碳循环发电系统、20为凝结水加热系统。

## 具体实施方式

[0020] 下面结合具体的实施例对本实用新型做进一步的详细说明，所述是对本实用新型的解释而不是限定。

[0021] 在热力发电系统中，超临界二氧化碳布雷顿循环系统和汽轮机发电装置在发电的同时，都需要大量的热源对其内部的循环工质进行加热，当提供热源能量恒定时，将超临界二氧化碳布雷顿循环系统中需放热的冷端通过换热器与汽轮机需要加热的凝结水系统进行能量转换利用，将极大的提高两组系统的发电效率。

[0022] 本实用新型超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统，如图1所示，包括凝结水加热系统20、二氧化碳与凝结水换热器10和超临界二氧化碳循环发电系统19；

[0023] 凝结水加热系统20包括凝汽器12、凝结水泵13、轴封加热器14和多个低压加热器，低压加热器数量在本具体实施例中数量为四个，分别为八号低压加热器15、七号低压加热器16、六号低压加热器17和五号低压加热器18；汽轮机低压缸11由温度从高到低依次连接号低压加热器15、七号低压加热器16、六号低压加热器17、五号低压加热器18、轴封加热器14和二氧化碳与凝结水换热器10；四个低压加热器和轴封加热器14的输出端通过疏水管道连接凝汽器12，凝汽器12热侧出口依次连接凝结水泵13、轴封加热器14和四个低压加热器，且轴封加热器14与相邻低压加热器之间连接二氧化碳与凝结水换热器10的冷侧入口，二氧化碳与凝结水换热器10的冷侧出口连接四个低压加热器的中间位置即合流点；超临界二氧化碳循环发电系统19的冷端连接二氧化碳与凝结水换热器10热侧。

[0024] 汽轮机低压缸11及凝结水加热系统20的工作介质为水与水蒸气。

[0025] 超临界二氧化碳循环发电系统19包括依次连接的加热器1、高压透平2、再热器3、低压透平4、高温回热器5、低温回热器6、预冷器7、主压缩机8、再压缩机9，其中，加热器1和再热器3在同一锅炉内进行加热；低压透平4出口依次与高温回热器5、低温回热器6热侧相连，低温回热器6热侧出口同时连接再压缩机9入口和预冷器7热侧入口，预冷器7热侧出口与主压缩机8入口相接，主压缩机8出口依次与低温回热器6、高温回热器5冷侧相连，而再压缩机9出口则与高温回热器5冷侧入口相连接。其中，超临界二氧化碳循环发电系统工作介质为超临界的二氧化碳。

[0026] 二氧化碳与凝结水换热器10热侧入口和热侧出口分别与预冷器7热侧入口、出口相接，二氧化碳与凝结水换热器10冷侧入口和冷侧出口分别与轴封加热器14的冷侧出口、七号低压加热器16水侧出口相接。

[0027] 超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水系统在使用时，凝汽器12热侧出口通过凝结水泵13将一部分液体分流至部分低压加热器内，进行预加热，

[0028] 将另一部分液体分流至二氧化碳与凝结水换热器10内，通过对超临界二氧化碳循环发电系统19冷端分流出的二氧化碳工质进行加热；

[0029] 两部分液体分别加热后，在进行预加热的低压加热器末端出口汇合点合流，经剩余部分低压加热器进行再加热，完成超临界二氧化碳循环冷端余热辅助加热凝结水。

[0030] 其中在本实用新型的具体实施例中，在汽轮机低压缸11做完功的蒸汽分别进入轴封加热器14、八号低压加热器15、七号低压加热器16、六号低压加热器17、五号低压加热器18和凝汽器12中凝结放热变为疏水，通过疏水管路汇入凝汽器12，凝汽器12将凝结水送至凝结水泵13，经过凝结水泵13升压，升压后的凝结水通过轴封加热器14后，一部分凝结水经八号低压加热器15、七号低压加热器16进行预加热，另一部分凝结水分流至二氧化碳与凝结水换热器10内，通过对超临界二氧化碳循环发电系统19中预冷器7入口分流出的二氧化碳工质进行吸热，两部分液体分别吸热后在预加热低压加热器末端出口汇合点合流，然后经六号低压加热器17和五号低压加热器18进行再加热。

[0031] 超临界二氧化碳循环发电系统19中，低压透平4做完功的工质依次在高温回热器5和低温回热器6中放热后分为两部分，一部分工质经过预冷器7被冷却后进入主压缩机8增压，增压后的低温工质依次在低温回热器6、高温回热器5中吸热；另一部工质则通过再压缩机9增压后，与低温回热器6冷侧出口工质混合，然后进入高温回热器5中吸热；加热器1工质入口、出口分别与高温回热器5冷侧出口、高压透平2入口相接，在高温回热器5中吸热后的

工质经过加热器1进一步加热后，进入高压透平2做功；再热器3工质入口连接高压透平2出口，再热器3工质出口连接低压透平4入口，在高压透平2中膨胀做功后的工质经过再热器3吸热后，进入低压透平4继续膨胀做功。

[0032] 加热器1工质入口与高温回热器5冷侧出口相连，加热器1工质出口与高压透平2入口相连，经过高温回热器5中吸热后的工质进入加热器1中进一步吸热，然后进入高压透平2中做功。

[0033] 再热器3工质入口与高压透平2出口相连，再热器3工质出口与低压透平4入口相连，高压透平2做过功的工质进入再热器3中继续吸热，然后进入低压透平4中做功。

[0034] 低温回热器6热侧出口分别与预冷器7热侧入口及再压缩机9入口相连，预冷器7热侧出口与主压缩机8入口相连，再压缩机9出口接入高温回热器5冷侧入口；低温回热器6中经过放热后的工质一部分进入预冷器7中被冷却，然后进入主压缩机8中增压；另一部分则直接进入再压缩机9增压，然后送入高温回热器5吸热。

[0035] 将预冷器7中的部分工质分流至二氧化碳与凝结水换热器10中用于加热凝结水，在二氧化碳与凝结水换热器10中放热后的工质汇入主压缩机7热侧出口，再进入主压缩机8增压；从凝结水泵13出口分流一部分进入二氧化碳与凝结水换热器10，在二氧化碳与凝结水换热器10中吸热后再汇入七号低压加热器16出口的凝结水主流中，完成利用超临界二氧化碳布雷顿循环冷端余热辅助加热凝结水的汽轮机的回热。

[0036] 本实用新型超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统在使用时，经凝结水泵将疏水回流，一部分至部分低压加热器进行预加热，另一部分至二氧化碳与凝结水换热器，进行热交换，在剩余部分低压加热器入口端汇合进行再加热。本实用新型充分利用超临界二氧化碳循环时需要放热的特性，将凝结水加热系统吸热过程想结合，减少汽轮机低压缸的抽汽量，在外部提供相同热源量供给汽轮机低压缸和超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统的情况下，能够增加汽轮发电机组的发电功率。

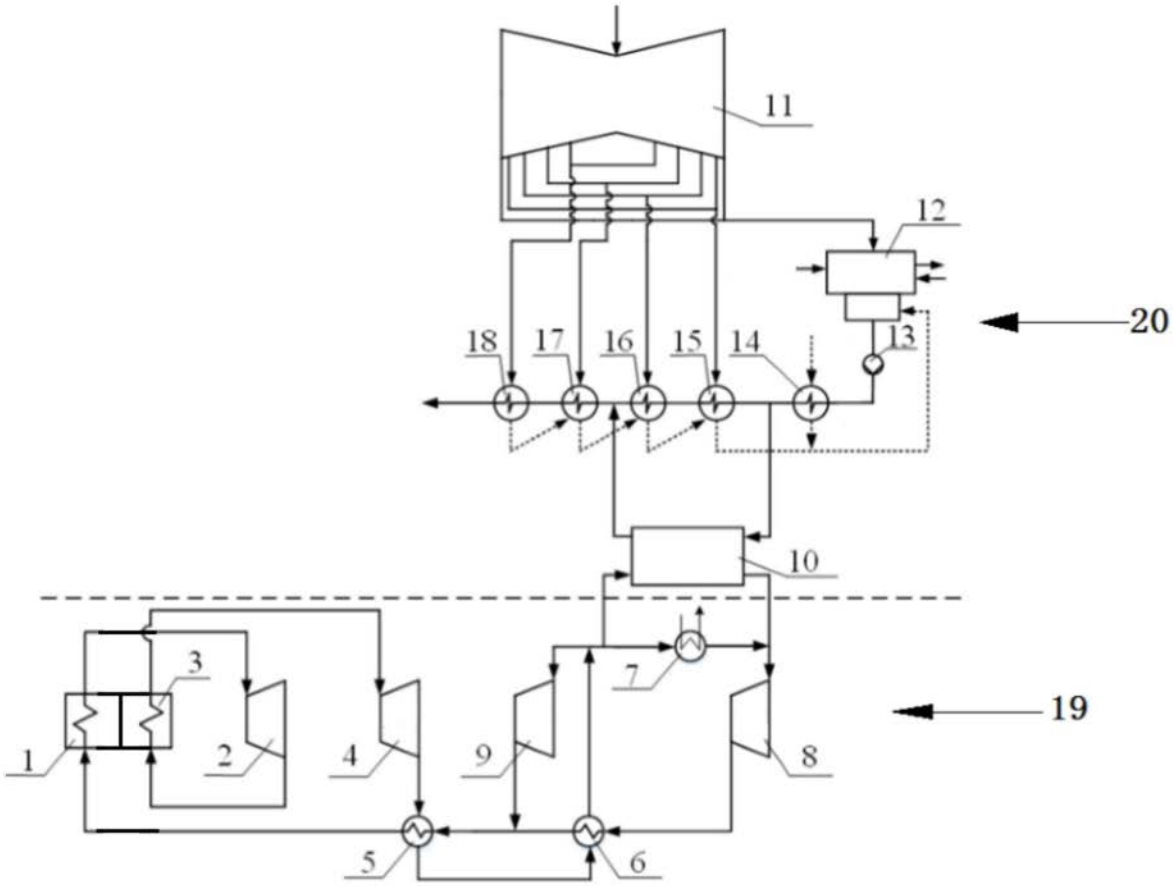



图1