



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116013558 A

(43) 申请公布日 2023. 04. 25

(21) 申请号 202310057988.4

(22) 申请日 2023.01.17

(71) 申请人 中国核动力研究设计院

地址 610213 四川省成都市双流区长顺大道一段328号

(72) 发明人 黄彦平 赵学斌 臧金光

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

专利代理师 卢盛辉 钱能

(51) Int. Cl.

G21C 15/14 (2006.01)

G21C 15/18 (2006.01)

G21C 15/02 (2006.01)

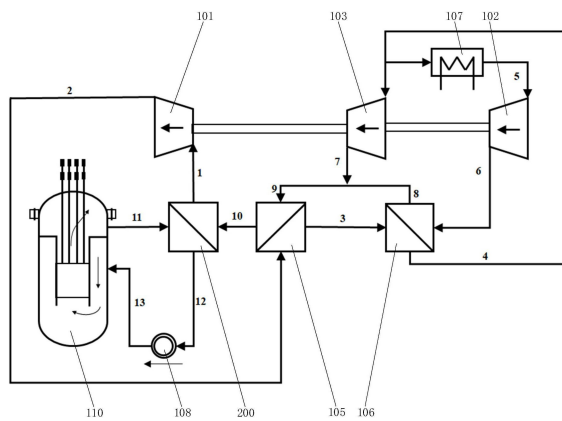
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

双超核能动力系统及核能利用方法

(57) 摘要

本发明提供了一种双超核能动力系统及核能利用方法,该双超核能动力系... 超临界水入口管路、超临界水出口管路、超临界二氧化碳循环系统、透平和中间换热器,超临界水入口管路的两端分别与超临界水冷堆和中间换热器的热侧连通,超临界水出口管路的... 超临界水经超临界水出口管路从超临界水冷堆流向中间换热器的热侧,并经超临界水入口管路循环流回超临界水冷堆;中间换热器的冷侧和透平均设置于超临界二氧化碳循环系统中,超临界二氧化碳流经超临界二氧化碳循环系统,从中间换热器的冷侧吸热,并进入透平做功,解决了超临界水冷堆放射性的屏蔽难度大,系统结构复杂的技术问题。



1. 一种双超核能动力系统,其特征在于,包括:超临界水冷堆、超临界水入口管路、超临界水出口管路、超临界二氧化碳循环系统、透平和中间换热器,所述超临界水入口管路的两端分别与所述超临界水冷堆和所述中间换热器的热侧连通,所述超临界水出口管路的两端分别与所述超临界水冷堆和所述中间换热器的热侧连通,所述超临界水经所述超临界水出口管路从所述超临界水冷堆流向所述中间换热器的热侧,并经所述超临界水入口管路循环流回所述超临界水冷堆;

所述中间换热器的冷侧和所述透平均设置于所述超临界二氧化碳循环系统中,超临界二氧化碳流经所述超临界二氧化碳循环系统,从所述中间换热器的冷侧吸热,并进入所述透平做功。

2. 根据权利要求1所述的双超核能动力系统,其特征在于,所述超临界二氧化碳循环系统包括第一压缩机和第一回热器,超临界二氧化碳流经所述第一回热器的热侧后流向所述第一压缩机,并经所述第一压缩机升压后流向所述第一回热器的冷侧,之后流向所述中间换热器的冷侧。

3. 根据权利要求2所述的双超核能动力系统,其特征在于,所述超临界二氧化碳循环系统包括第二压缩机和第二回热器,超临界二氧化碳流经所述第一回热器的热侧和所述第二回热器的热侧;

所述第二压缩机与所述第一压缩机并联,并且,所述第一压缩机的出口与所述第一回热器的冷侧连通,所述第二压缩机的出口经所述第二回热器的冷侧与所述第一回热器的冷侧连通。

4. 根据权利要求3所述的双超核能动力系统,其特征在于,所述第二压缩机的并联支路设有冷却器。

5. 根据权利要求3所述的双超核能动力系统,其特征在于,所述第一回热器与所述第二回热器串联连接,超临界二氧化碳流经所述第一回热器的热侧后流经所述第二回热器的热侧。

6. 根据权利要求5所述的双超核能动力系统,其特征在于,所述超临界二氧化碳循环系统包括分流装置,所述分流装置设置于所述第二回热器后。

7. 根据权利要求3所述的双超核能动力系统,其特征在于,所述透平、所述第二压缩机与所述第一压缩机同轴布置。

8. 根据权利要求1所述的双超核能动力系统,其特征在于,所述中间换热器包括多个热侧换热板,所述热侧换热板上设置有超临界水通道,多个所述热侧换热板层叠设置。

9. 根据权利要求8所述的双超核能动力系统,其特征在于,所述中间换热器具有热侧入口端和热侧出口端;所述热侧入口端与所述热侧出口端正对设置;

所述超临界水通道沿直线延伸;或者,所述超临界水通道包括位于所述热侧入口端的直线部、位于所述热侧出口端的直线部和多个弯折部。

10. 根据权利要求1所述的双超核能动力系统,其特征在于,所述超临界水冷堆包括超临界水冷堆堆芯和控制棒,所述超临界水入口管路设置有主循环泵。

11. 一种核能利用方法,采用权利要求1-10中任一项所述的双超核能动力系统,其特征在于,所述核能利用方法包括:

所述超临界水经所述超临界水出口管路从所述超临界水冷堆流向所述中间换热器的

热侧,并经所述超临界水入口管路循环流回所述超临界水冷堆,所述超临界水将热量经所述中间换热器的热侧向所述中间换热器的冷侧传播;

超临界二氧化碳流经所述超临界二氧化碳循环系统,从所述中间换热器的冷侧吸热,并进入所述透平做功。

12. 根据权利要求11所述的核能利用方法,其特征在于,流向第二压缩机的超临界二氧化碳的流量与流向第一压缩机的超临界二氧化碳的流量的比值范围为0.5~2.5。

双超核能动力系统及核能利用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及核能工程的技术领域,尤其涉及一种双超核能动力系统及核能利用方法。

背景技术

[0002] 超临界水冷堆(Super-Critical Water-cooled Reactor, SCWR)是运行在水的临界点(22.1MPa, 384℃)之上的水冷反应堆。超临界水冷堆主工艺系统采用直接循环,超临界水既作为堆芯冷却剂也作为动力循环工质,即反应堆冷却剂系统与汽机系统直接连接构成一个回路。超临界水在主泵驱动作用下,进入堆芯吸收热量,之后进入下游汽轮机做功,输出电能,经过汽轮机后的乏汽,经过冷凝器之后重新返回主泵入口,形成闭式循环。相比于沸水堆,超临界水冷堆取消了堆内循环泵、汽水分离器、干燥器等;相比于压水堆,超临界水冷堆取消了蒸汽发生器、稳压器、主循环泵等。与常规水冷堆相比,超临界水冷堆具有机组热效率高、安全性好、技术继承性好、核燃料利用率高等优点。

[0003] 由于超临界水冷堆采用直接循环方式,带有放射性的反应堆冷却剂会直接进入汽轮机等设备,给系统整体屏蔽、安全检修和运行等带来一定难度;超临界水冷堆的动力系统为跨临界的蒸汽朗肯循环,经过汽轮机做功后,工质压力由超临界工况降低为背压只有几千帕的低压乏汽,一方面使汽轮机级数很多,另一方面因为汽液相变问题仍需要配置级间汽水分离器、冷凝器和抽真空系统,这导致超临界水冷堆动力转换系统过于复杂。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种双超核能动力系统及核能利用方法,以解决超临界水冷堆放射性的屏蔽难度大,系统结构复杂的技术问题。

[0005] 本发明的上述目的可采用下列技术方案来实现:

[0006] 本发明提供一种双超核能动力系统,包括:超临界水冷堆、超临界水入口管路、超临界水出口管路、超临界二氧化碳循环系统、透平和中间换热器,所述超临界水入口管路的两端分别与所述超临界水冷堆和所述中间换热器的热侧连通,所述超临界水出口管路的两端分别与所述超临界水冷堆和所述中间换热器的热侧连通,所述超临界水经所述超临界水出口管路从所述超临界水冷堆流向所述中间换热器的热侧,并经所述超临界水入口管路循环流回所述超临界水冷堆;

[0007] 所述中间换热器的冷侧和所述透平均设置于所述超临界二氧化碳循环系统中,超临界二氧化碳流经所述超临界二氧化碳循环系统,从所述中间换热器的冷侧吸热,并进入所述透平做功。

[0008] 在优选的实施方式中,所述超临界二氧化碳循环系统包括第一压缩机和第一回热器,超临界二氧化碳流经所述第一回热器的热侧后流向所述第一压缩机,并经所述第一压缩机升压后流向所述第一回热器的冷侧,之后流向所述中间换热器的冷侧。

[0009] 在优选的实施方式中,所述超临界二氧化碳循环系统包括第二压缩机和第二回热

器,超临界二氧化碳流经所述第一回热器的热侧和所述第二回热器的热侧;所述第二压缩机与所述第一压缩机并联,并且,所述第一压缩机的出口与所述第一回热器的冷侧连通,所述第二压缩机的出口经所述第二回热器的冷侧与所述第一回热器的冷侧连通。

[0010] 在优选的实施方式中,所述第二压缩机的并联支路设有冷却器。

[0011] 在优选的实施方式中,所述第一回热器与所述第二回热器串联连接,超临界二氧化碳流经所述第一回热器的热侧后流经所述第二回热器的热侧。

[0012] 在优选的实施方式中,所述超临界二氧化碳循环系统包括分流装置,所述分流装置设置于所述第二回热器后。

[0013] 在优选的实施方式中,所述透平、所述第二压缩机与所述第一压缩机同轴布置。

[0014] 在优选的实施方式中,所述中间换热器包括多个热侧换热板,所述热侧换热板上设置有超临界水通道,多个所述热侧换热板层叠设置。

[0015] 在优选的实施方式中,所述中间换热器具有热侧入口端和热侧出口端;所述热侧入口端与所述热侧出口端正对设置;所述超临界水通道沿直线延伸;或者,所述超临界水通道包括位于所述热侧入口端的直线部、位于所述热侧出口端的直线部和多个弯折部。

[0016] 在优选的实施方式中,所述超临界水冷堆包括超临界水冷堆堆芯和控制棒,所述超临界水入口管路设置有主循环泵。

[0017] 本发明提供一种核能利用方法,采用上述的双超核能动力系统,所述核能利用方法包括:

[0018] 所述超临界水经所述超临界水出口管路从所述超临界水冷堆流向所述中间换热器的热侧,并经所述超临界水入口管路循环流回所述超临界水冷堆,所述超临界水将热量经所述中间换热器的热侧向所述中间换热器的冷侧传播;

[0019] 超临界二氧化碳流经所述超临界二氧化碳循环系统,从所述中间换热器的冷侧吸热,并进入所述透平做功。

[0020] 在优选的实施方式中,流向第二压缩机的超临界二氧化碳的流量与流向第一压缩机的超临界二氧化碳的流量的比值范围为0.5~2.5。

[0021] 本发明的特点及优点是:

[0022] 该双超核能动力系统中,超临界水冷堆作为一回路系统,采用超临界二氧化碳循环作为二回路系统,通过中间换热器来实现一回路超临界水冷却剂和二回路工质的换热,将热量从一回路高温超临界水传递至二回路超临界二氧化碳,具有设备紧凑、系统简化、高效、经济性好、低放射性屏蔽和安全系数高的优点。

附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,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。

[0024] 图1为本发明提供的双超核能动力系统的示意图;

[0025] 图2为本发明提供的双超核能动力系统中超临界水冷堆的示意图;

[0026] 图3为本发明提供的双超核能动力系统中中间换热器的爆炸图;

- [0027] 图4为中间换热器中的热侧换热板一实施方式的俯视图；
- [0028] 图5为中间换热器中的热侧换热板又一实施方式的俯视图；
- [0029] 图6为热侧换热板第一种实施方式的剖视图；
- [0030] 图7为热侧换热板第二种实施方式的剖视图；
- [0031] 图8为热侧换热板第三种实施方式的剖视图；
- [0032] 图9为热侧换热板第四种实施方式的剖视图。
- [0033] 附图标号说明：
- [0034] 101、透平；
- [0035] 102、第二压缩机；103、第一压缩机；
- [0036] 105、第一回热器；106、第二回热器；107、冷却器；
- [0037] 108、主循环泵；
- [0038] 110、超临界水冷堆；
- [0039] 111、超临界水入口管路；112、超临界水出口管路；113、反应堆压力容器；114、堆芯活性区；115、控制棒；
- [0040] 200、中间换热器；21、热侧入口端；22、热侧出口端；
- [0041] 201、热侧换热板；202、超临界水通道；203、直线部；204、弯折部；
- [0042] 205、承压板。

具体实施方式

[0043] 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，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。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。

[0044] 方案一

[0045] 本发明提供了一种双超核能动力系统，该动力系统包括：超临界水冷堆110、超临界水入口管路111、超临界水出口管路112、超临界二氧化碳循环系统、透平101和中间换热器200，超临界水入口管路111的两端分别与超临界水冷堆110和中间换热器200的热侧连通，超临界水出口管路112的两端分别与超临界水冷堆110和中间换热器200的热侧连通，超临界水经超临界水出口管路112从超临界水冷堆110流向中间换热器200的热侧，并经超临界水入口管路111循环流回超临界水冷堆110；中间换热器200的冷侧和透平101均设置于超临界二氧化碳循环系统中，超临界二氧化碳流经超临界二氧化碳循环系统，从中间换热器200的冷侧吸热，并进入透平101做功。

[0046] 该双超核能动力系统中，超临界水冷堆110作为一回路系统，采用超临界二氧化碳循环作为二回路系统，通过中间换热器200来实现一回路超临界水冷却剂和二回路工质的换热，将热量从一回路高温超临界水传递至二回路超临界二氧化碳，具有设备紧凑、系统简化、高效、经济性好、低放射性屏蔽和安全系数高的优点。

[0047] 图1示出了该双超核能动力系统的一实施例。该实施例中：(1) 采用超临界水为冷却剂的超临界水冷堆110作为一回路，(2) 采用超临界二氧化碳布雷顿循环作为二回路，(3) 中间换热器200作为一回路和二回路之间的换热设备。

[0048] 一回路为反应堆传热系统,将反应堆燃料组件的核裂变能通过热能形式导出。一回路包括超临界水入口管路111、超临界水出口管路112、主循环泵108、稳压器、中间换热器200热侧及有关阀门管道系统。主循环泵108提供驱动压头,克服超临界水流过超临界水冷堆110中的反应堆压力容器113、堆芯燃料组件、主管道及中间换热器200的沿程压降。其基本流程为:超临界水通过堆芯后吸收堆芯的核裂变释热,转变为高温高压“超临界蒸汽”(加热过程无相变),从堆芯上部流出反应堆压力容器113,进入中间换热器200热侧,之后回到主循环泵108又重新回到反应堆堆芯,形成闭式一回路循环。

[0049] 具体地,一回路循环路线为13-11-12-13:主循环泵108驱动低温超临界水由超临界水入口管路111进入反应堆压力容器113,经过反应堆压力容器113内壁的环形间隙向下流动,再从反应堆压力容器113的底部自下而上进入堆芯活性区114,吸收堆芯释放热量之后从超临界水出口管路112流出反应堆压力容器113;随后进入中间换热器200的热侧,进行热量交换之后重新回到主循环泵108,完成一回路13-11-12-13循环过程。

[0050] 优选地,超临界水冷堆110一回路循环运行压力为25MPa,反应堆压力容器113进口温度为280℃,出口温度为510℃。

[0051] 二回路在超临界二氧化碳循环系统进行,采用超临界二氧化碳再压缩布雷顿循环,主要由中间换热器200冷侧、透平101、第二压缩机102、第一压缩机103、第一回热器105、第二回热器106、冷却器107及有关阀门管道系统组成。其基本流程为:超临界二氧化碳通过中间换热器200冷侧,吸收“超临界蒸汽”的热量,并在中间换热器200出口达到循环的最高温度;之后进入透平101膨胀做功,透平101连接发电机输出电能;做功后的高温低压超临界二氧化碳,先后经过第一回热器105和第二回热器106,将热量传递给高压侧的冷流体并被冷却;从第二回热器106出来的超临界二氧化碳分成两路,第一路工质经过冷却器107冷却到较低温度,然后经第二压缩机102提升至高压,并经第二回热器106预热;第二路工质直接经第一压缩机103升压后,与第一路工质混合后进入第一回热器105进一步预热,又重新回到中间换热器200,形成闭式二回路循环。

[0052] 具体地,超临界二氧化碳布雷顿循环包括路线1-2-3-4-5-6-8-9-10-1和路线1-2-3-4-7-9-10-1。超临界二氧化碳经过中间换热器200的冷侧,吸收一回路传递过来的热量后,温度达到500℃;进入透平101膨胀做功,温度降低至约430℃,压力降低至略高于临界压力。之后依次进入第一回热器105、第二回热器106,温度从430℃降到85℃左右。在进入压缩机前,通过分流,其中的第一路循环路线为1-2-3-4-5-6-8-9-10-1:经冷却器107进一步冷却至约35℃后通过第二压缩机102压缩至较高压力,进入第二回热器106温度升高至约85℃;第二路循环路线为1-2-3-4-7-9-10-1:直接进入第一压缩机103被压缩到与第二压缩机102出口接近的压力,温度约150℃。之后两路流体混合,使得第二压缩机102出口流体温度得以提升,该流体继续通过高温回热器后被加热到约380℃,再进入中间换热器200与一回路中的高温高压超临界水换热,被加热到目标温度500℃,完成超临界二氧化碳布雷顿循环。

[0053] 上面对图1所示的双超核能动力系统作了介绍,下面对其中的各部件进行说明。

[0054] 在一实施方式中,超临界二氧化碳循环系统包括第一压缩机103和第一回热器105,超临界二氧化碳流经第一回热器105的热侧后流向第一压缩机103,并经第一压缩机103升压后流向第一回热器105的冷侧,之后流向中间换热器200的冷侧,实现第二路循环路

线1-2-3-4-7-9-10-1。

[0055] 在一实施方式中,超临界二氧化碳循环系统还包括第二压缩机102和第二回热器106,超临界二氧化碳流经第一回热器105的热侧和第二回热器106的热侧;第二压缩机102与第一压缩机103并联,并且,第一压缩机103的出口与第一回热器105的冷侧连通,第二压缩机102的出口经第二回热器106的冷侧与第一回热器105的冷侧连通,可以进行第一路循环。进一步地,第二压缩机102的并联支路设有冷却器107,实现第一路循环路线1-2-3-4-5-6-8-9-10-1。

[0056] 如图1所示,第一回热器105与第二回热器106串联连接,超临界二氧化碳流经第一回热器105的热侧后流经第二回热器106的热侧。超临界二氧化碳循环采用了再压缩方式,在进入冷却器107之前,超临界二氧化碳分为两部分,一部分进入冷却器107,经第二压缩机102压缩之后进入第二回热器106,另一部分直接由第一压缩机103压缩后与第二回热器106出口的超临界二氧化碳汇合,然后经第一回热器105加热后进入中间换热器200,有利于满足高能量输出。

[0057] 进一步地,超临界二氧化碳循环系统包括分流装置(图中未示出),分流装置设置于第二回热器106后,二回路循环中工质经过第二回热器106工质分为两路,两路的工质流量比例可由分流装置自由分配。

[0058] 在一实施方式中,二回路循环中透平101、第二压缩机102、第一压缩机103采用同轴布置。第一回热器105、第二回热器106和冷却器107均采用高效紧凑微通道扩散焊板式换热器。

[0059] 发明人对中间换热器200作了改进:中间换热器200包括多个热侧换热板201,如图3-图5所示,热侧换热板201上设置有超临界水通道202,多个热侧换热板201层叠设置。中间换热器200上还设置有超临界二氧化碳通道,超临界水流经超临界水通道202,超临界二氧化碳流经超临界二氧化碳通道,实现换热。

[0060] 具体地,中间换热器200包括承压板205。首先通过物理或化学的方法,在热侧换热板201上形成毫米级别的超临界水通道202,如图6所示,超临界水通道202截面形状呈半圆形;如图7所示,超临界水通道202截面形状呈半椭圆形;如图8所示,超临界水通道202截面形状呈矩形;如图9所示,超临界水通道202截面形状呈异形;超临界水通道202截面形状不限于图示形状,还可以呈梯形或椭圆形等形状。通过扩散焊加工工艺将多个热侧换热板201焊接在一起,与承压板、封头一起制成高效紧凑型中间换热器200。通过扩散焊制成的中间换热器200,能够保持与基体材料一致的承压性,避免了超临界水通道202内超临界水发生核泄漏的风险。中间换热器200为微通道扩散焊板式换热器,作为一回路和二回路的中间换热设备,具有高效高强度紧凑的特点。

[0061] 中间换热器200具有的热侧入口端21和热侧出口端22。进一步地,热侧入口端21与热侧出口端22正对设置。如图4所示,超临界水通道202沿直线延伸;或者,如图5所示,超临界水通道202包括位于热侧入口端21的直线部203、位于热侧出口端22的直线部203和多个弯折部204。

[0062] 如图2所示,超临界水冷堆110包括反应堆压力容器113、超临界水冷堆110堆芯和控制棒115,超临界水入口管路111设置有主循环泵108。超临界二氧化碳循环系统和透平101等作为超临界二氧化碳动力系统,超临界水冷堆110与超临界二氧化碳动力系统联合形

成双超核能动力系统。

[0063] 一回路系统和二回路系统采用中间换热器200进行耦合,实现一回路超临界水与二回路超临界二氧化碳之间的热量交换。

[0064] 该双超核能动力系统采用超临界水冷堆110冷与超临界二氧化碳布雷顿循环耦合,综合了两者的优势:(1)一回路采用超临界水作为冷却剂,可在高温高压状态下运行,保证了系统较高的热效率,降低燃料使用量;(2)可实现堆芯内高冷却剂焓升,使得反应堆冷却剂质量流量大幅低,从而减小反应堆主泵、管路尺寸和反应堆厂房规模;(3)超临界流体是一种单相流体,不存在相变,不会出现偏离泡核沸腾现象,避免了传热沸腾危机,安全性高;(4)反应器压力容器、主循环泵108、中间换热器200放置于安全壳中,并且中间换热器200采用高强度微通道扩散焊板式换热器,可承受比较高的温度和压力,使得一回路冷却剂发生泄漏的可能性极小,放射性不会直接进入二回路的设备中,可有效抑制放射性的影响;(5)二回路采用超临界二氧化碳布雷顿循环,具有发电系统效率高,系统紧凑,第一回热器105、第二回热器106和中间换热器200尺寸比蒸汽朗肯循环减小十分之一,对环境依赖性低,空冷效率损失小,可部署在缺水地区,系统启停速度快,适合于间歇式能源等优点;(5)透平101和压气机等做功部件尺寸大幅度减小,系统紧凑;(6)在二回路二氧化碳布雷顿循环中高进口温度下,能够取得较高的效率。

[0065] 方案二

[0066] 本发明提供了一种核能利用方法,采用上述的双超核能动力系统,该核能利用方法包括:超临界水经超临界水出口管路112从超临界水冷堆110流向中间换热器200的热侧,并经超临界水入口管路111循环流回超临界水冷堆110,超临界水将热量经中间换热器200的热侧向中间换热器200的冷侧传播;超临界二氧化碳流经超临界二氧化碳循环系统,从中间换热器200的冷侧吸热,并进入透平101做功。

[0067] 具体地,超临界水由主循环泵108驱动进入反应堆堆芯,吸收堆芯热量后进入中间换热器200的热侧入口,与二回路的超临界二氧化碳完成热量交换之后,进入主循环泵108重新回到反应堆堆芯,完成一回路流程;超临界二氧化碳在中间换热器200冷侧经过加热之后,直接进入透平101做功,以高温低压状态依次经过第一回热器105和第二回热器106,完成热量交换变成低压低温工质,随后分成两路,一路经冷却器107进一步降温,依次经过第二压缩机102和低温冷却器107冷侧,完成升温升压过程,另一路直接进入第一压缩机103,之后与第一路工质混合一并进入第一回热器105冷侧继续升温,进入中间换热器200吸收超临界水热量达到最高温度,最终再次进入透平101做功,完成二回路流程。

[0068] 进一步地,流向第二压缩机102的超临界二氧化碳的流量与流向第一压缩机103的超临界二氧化碳的流量的比值范围为0.5~2.5。该比值可以通过分流装置来控制。

[0069] 以上所述仅为本发明的几个实施例,本领域的技术人员依据申请文件公开的内容可以对本发明实施例进行各种改动或变型而不脱离本发明的精神和范围。

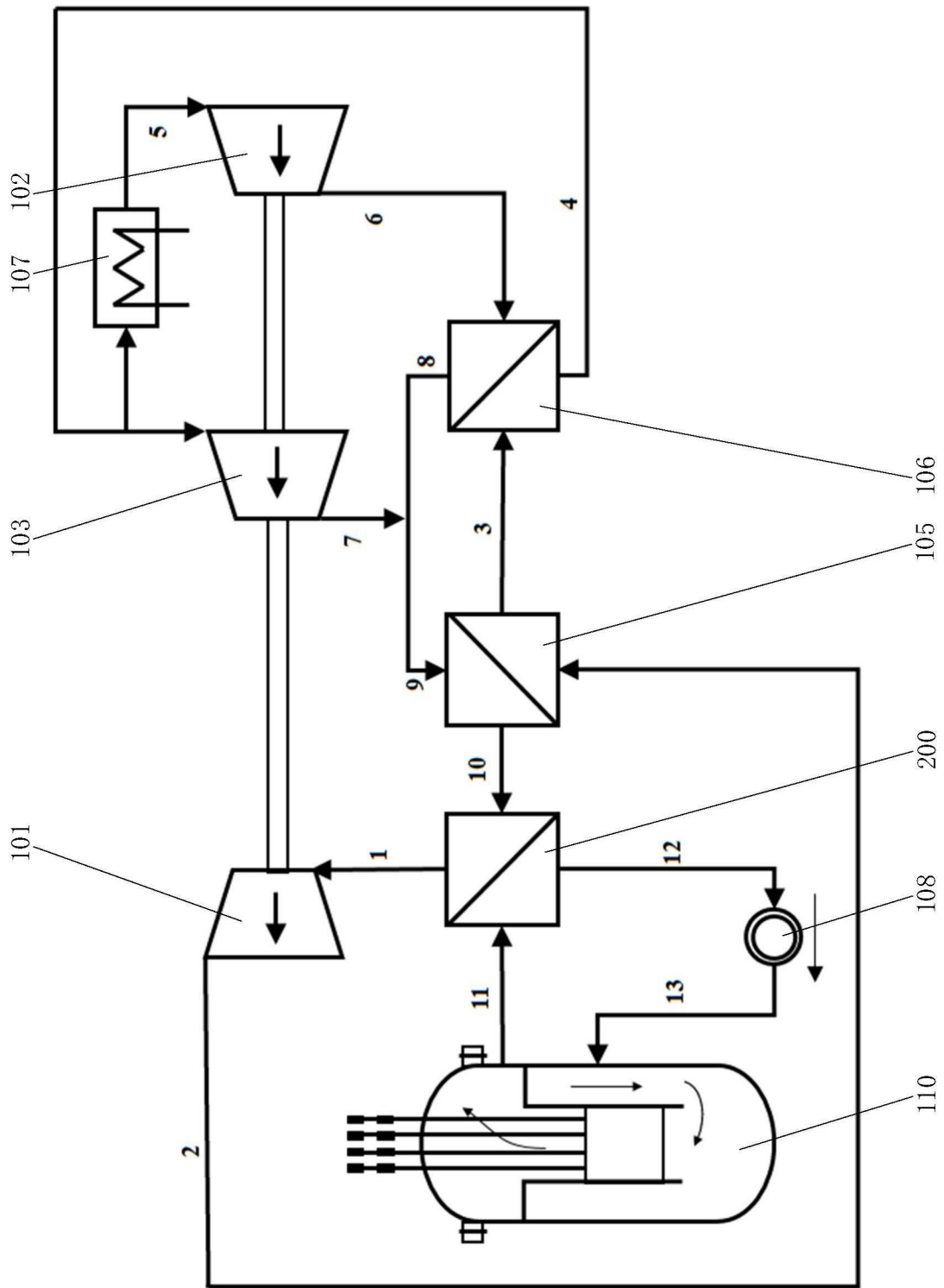


图1

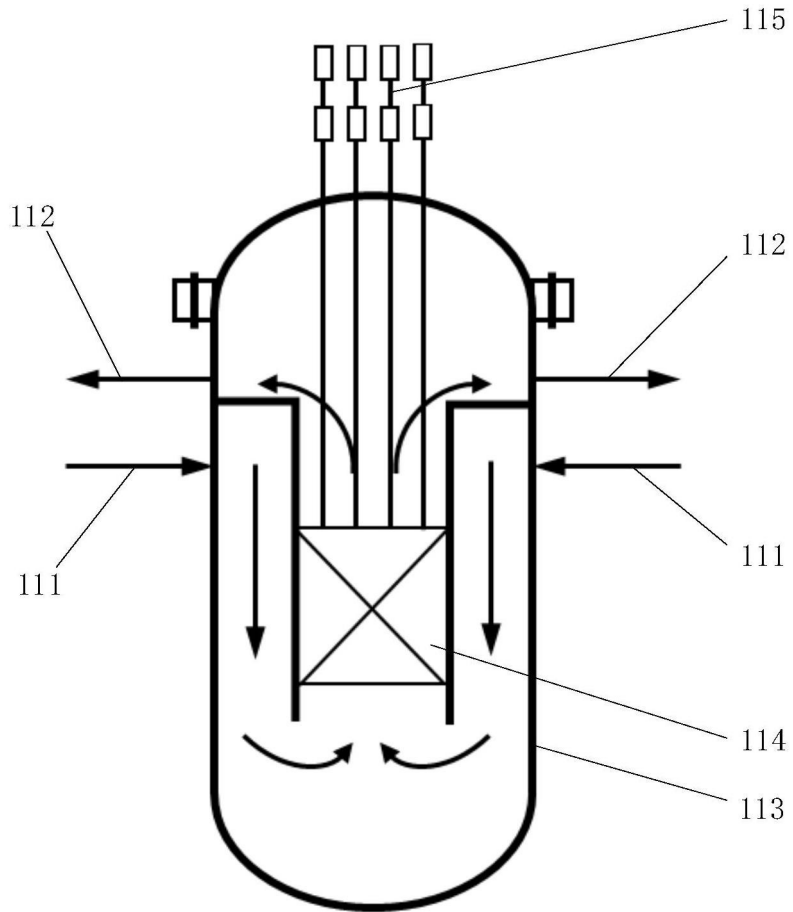


图2

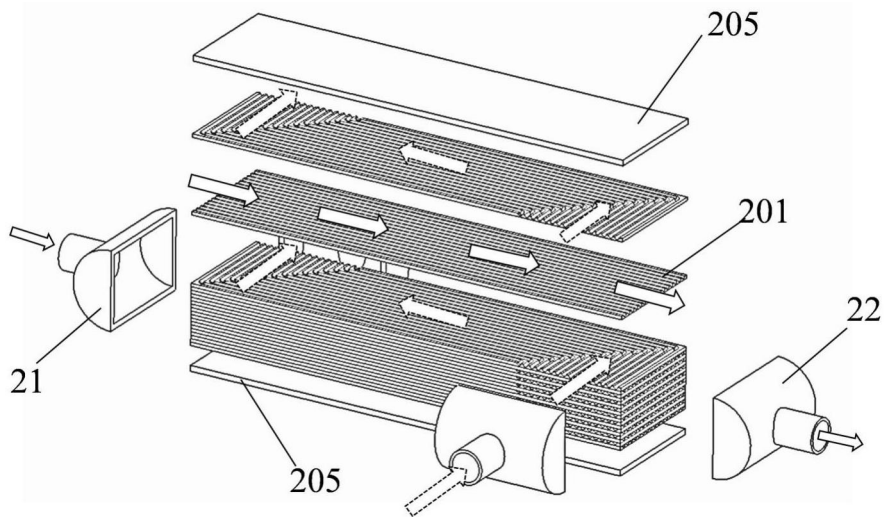


图3

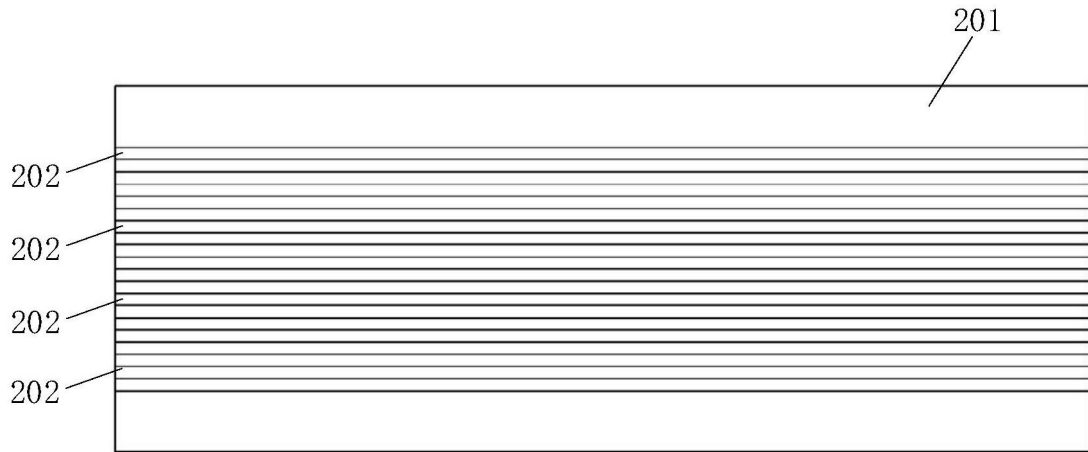


图4

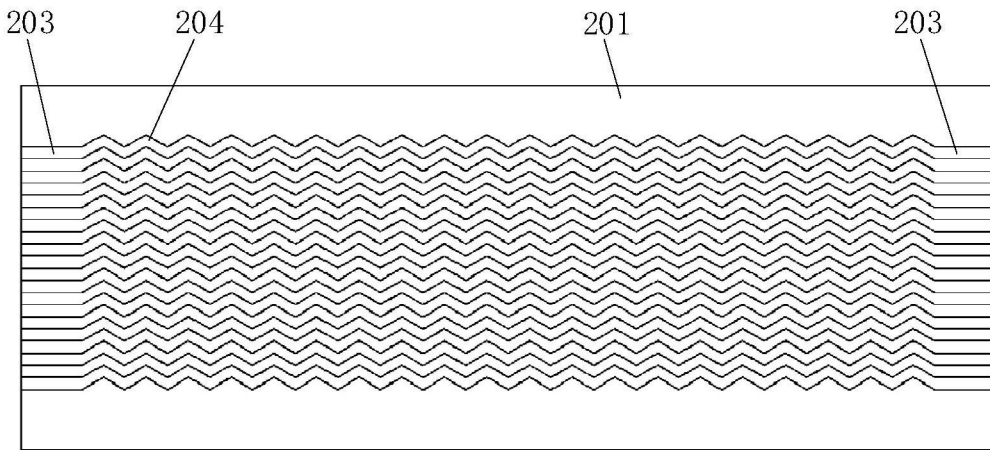


图5

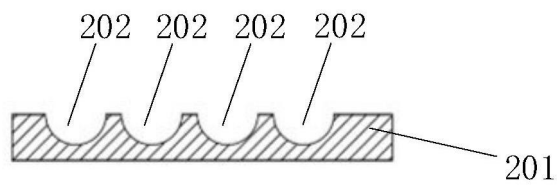


图6

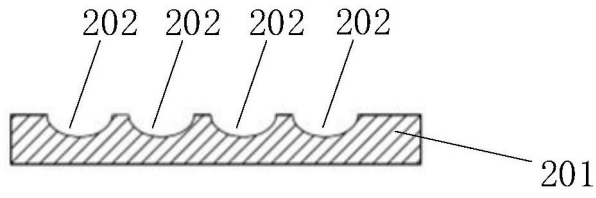


图7

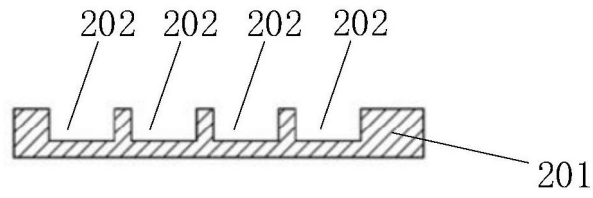


图8

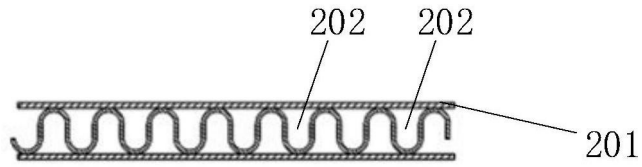


图9