



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106918030 A

(43)申请公布日 2017.07.04

(21)申请号 201710017852.5

F01D 15/10(2006.01)

(22)申请日 2017.01.11

(71)申请人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区朱辛庄北农路2号

(72)发明人 段立强 余晓辉 谢坤 吕鹏

(74)专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 张文宝

(51) Int. Cl.

F22B 1/22(2006.01)

F22B 37/26(2006.01)

F22G 1/16(2006.01)

F22D 1/50(2006.01)

F24J 2/34(2006.01)

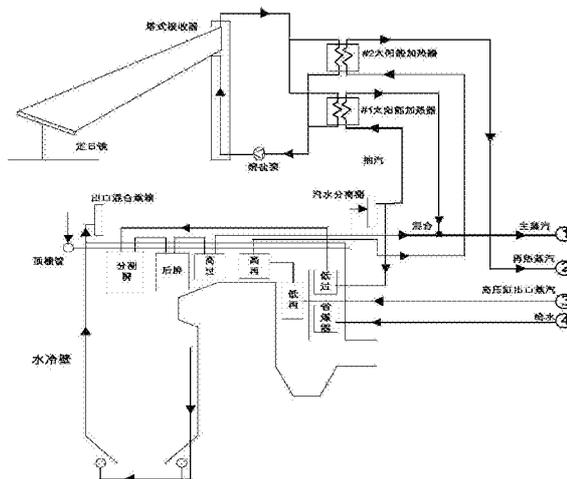
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统

(57)摘要

本发明公开了一种节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统,其特征在于,该系统包括:多个串联的高压加热器,多个串联的低压加热器,带有省煤器以及水冷壁的锅炉,汽水分离器,燃煤电站受热装置,太阳能加热器,以及汽轮机高压缸,汽轮机中压缸,汽轮机低压缸和发电机。本发明提出以熔盐为塔式太阳能集热系统中间换热工质并同时加热过热蒸汽与再热蒸汽的新型集成方案,不仅利用塔式太阳能集热器提高了太阳能热的集热温度,采取过热、再热两段集成的方法可避免太阳能热引入燃煤机组后产生的波动影响汽轮机的正常运行。本发明在太阳能热的高温利用方面相对传统的集成方式更为合理,同时也具有显著的热力学优势和经济性优势。



1. 一种节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统,其特征在于,该系统包括:多个串联的高压加热器,多个串联的低压加热器,带有省煤器以及水冷壁的锅炉,汽水分离器,燃煤电站受热装置,太阳能加热器,以及汽轮机高压缸,汽轮机中压缸,汽轮机低压缸和发电机;

其中,系统中各个部件的连接关系以及工艺流程如下:一级高压加热器出来的给水引入锅炉中经省煤器以及水冷壁受热面加热至饱和蒸汽状态,在汽水分离器中将饱和蒸汽分为两部分;一部分饱和蒸汽按照原有燃煤电站受热面布置方式依次流经低温过热器、分割屏过热器、后屏过热器以及高温过热器;另一部分饱和蒸汽引入太阳能加热器中与高温熔盐换热,然后将这部分过热蒸汽与高过出口蒸汽混合,维持高压缸进汽温度不变,随后通入高压缸中膨胀为发电机做功;汽轮机高压缸排汽引入至锅炉中进行再热,排汽将依次通过锅炉内部低温再热器与高温再热器;将再热蒸汽引入另一太阳能加热器与熔盐换热,维持中压缸进汽温度不变,随后通入中压缸中膨胀为发电机做功;进入中压缸的再热蒸汽按照燃煤电站汽水系统流程继续为发电机做功,依次流经低压缸,串联的低压加热器,除氧器以及串联的高压加热器从而完成整个循环。

2. 根据权利要求1所述的节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统,其特征在于,所述燃煤电站受热装置包括低过、分隔屏、后屏和高过设备,以及低再和高再设备,除氧器。

3. 根据权利要求1所述的节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统,其特征在于,所述太阳能加热器包括定日镜,塔式接收器和多个高温熔盐槽式换热器。

4. 根据权利要求3所述的节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统,其特征在于,所述高温熔盐槽式换热器的数目是2个,一个用于将饱和蒸汽加热至过热蒸汽状态,并与高过出口的过热蒸汽混合以维持高压缸进汽温度不变,另一个用于将高再出口低于额定温度的再热蒸汽加热至额定温度。

5. 根据权利要求4所述的节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统,其特征在于:用于加热再热蒸汽的高温熔盐槽式换热器还带有烟道挡板装置作为辅助手段。

一种节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统

技术领域

[0001] 本发明属于太阳能热互补燃煤电站发电技术领域,具体涉及一种节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统。

背景技术

[0002] 自第一次工业革命起,化石能源在人类文明进步中担任重要角色。但从上世纪50年代欧洲的光化学污染,到如今国内的大范围雾霾,化石能源消耗带来的环境污染问题已经严重影响到人们健康。如今节能减排已经成为国际共识,发展多元化能源结构是各国努力的目标。太阳能以其独特的优势逐渐被重视,总体来讲发展太阳能有以下优势:无温室气体(主要是CO₂,NO_x)或有毒气体(SO₂,颗粒)排放;增加区域/国家能源独立性;太阳能为可再生能源,能量充沛而且廉价。我国70%的电力来自于火力发电厂,受到资源和环境的制约,节能减排的工作越来越重要,许多耗煤量较高的中小型火力发电厂面临关停的命运。因此能源的互补利用逐渐开始成为能源系统重要的发展趋势。我国的太阳能资源非常丰富,太阳能辅助燃煤发电系统逐渐受到大家的重视。在传统太阳能热互补燃煤电站系统中,太阳能根据集成位置与集成温度的不同引入系统后对汽水系统以及汽轮机的运行工况影响较大。在传统太阳能热互补燃煤电站集成系统中,利用槽式太阳能集热器产生中低温热量的集成方式,这种方式不能高效、合理利用太阳能资源。本发明提出了一种塔式太阳能与常规燃煤电厂集成方案,不仅可以高效利用高温太阳能热,也可以利用太阳能加热再热蒸汽这一过程作为调控再热蒸汽温度的主要手段。汽轮机部分的运行工况并没有因为太阳能热的引入而改变,在减少给煤量的前提下也保证了太阳能热互补燃煤电站系统的安全运行。

发明内容

[0003] 本发明以太阳能热互补燃煤电站系统为参考系统,通过改变系统中太阳能的集成位置与集成方式,提出以高温塔式太阳能热互补燃煤电站系统的节煤型新型集成系统。该系统采用以熔盐为塔式太阳能集热系统的中间换热工质,同时加热过热蒸汽与再热蒸汽的新型集成方案,不仅利用塔式太阳能集热器提高了太阳能热的集热温度,而且采取过热、再热两段集成的方法可避免太阳能热引入燃煤机组后产生的波动影响汽轮机的正常运行。在系统接收更多的太阳能的同时,节省更多的给煤量,提高太阳能的光-电转换效率。本发明在太阳能热的高温利用方面相对传统的集成方式更为合理,同时也具有显著的热力学优势和经济性优势。

[0004] 本发明采用的技术方案为:

[0005] 一种节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统,包括多个串联的高压加热器,多个串联的低压加热器,带有省煤器以及水冷壁的锅炉,汽水分离器,燃煤电站受热装置,太阳能加热器,以及汽轮机高压缸,汽轮机中压缸,汽轮机低压缸和发电机。

[0006] 其中,系统中各个部件的连接关系以及工艺流程如下:一级高压加热器出来的给水引入锅炉中经省煤器以及水冷壁受热面加热至饱和蒸汽状态,在汽水分离器中将饱和蒸

汽分为两部分。一部分饱和蒸汽按照原有燃煤电站受热面布置方式依次流经低温过热器(低过)、分割屏过热器(分割屏)、后屏过热器(后屏)以及高温过热器(高过)。由于采用节省煤型模式,高过出口蒸汽温度会有所降低。另一部分饱和蒸汽引入太阳能加热器中与高温熔盐换热,然后将这部分过热蒸汽与高过出口蒸汽混合,维持主蒸汽(高压缸进汽)温度不变(566℃),随后通入高压缸(HP)中膨胀为发电机做功。汽轮机高压缸排汽需引入至锅炉中进行再热,排汽将依次通过锅炉内部低温再热器(低再)与高温再热器(高再)。由于采用节省煤型模式,高再出口蒸汽温度会有所降低。将再热蒸汽引入另一太阳能加热器与熔盐换热,维持再热蒸汽(中压缸进汽)温度不变(566℃),随后通入中压缸(IP)中膨胀为发电机做功,进入中压缸的这部分再热蒸汽按照燃煤电站汽水系统流程继续为发电机做功,依次流经低压缸(LP)、串联的低压加热器5,6,7,8、除氧器4以及串联的高压加热器1,2,3,从而完成整个循环。

[0007] 进一步,所述燃煤电站受热装置包括低过、分隔屏、后屏和高过设备,以及低再和高再设备,除氧器。

[0008] 进一步,所述太阳能加热器包括定日镜,塔式接收器和多个高温熔盐槽式换热器。

[0009] 进一步,所述高温熔盐槽式换热器的数目是2个,一个用于将饱和蒸汽加热至过热蒸汽状态,并与高过出口的过热蒸汽混合以维持高压缸进汽温度不变。另一个用于将高再出口低于额定温度的再热蒸汽加热至额定温度。

[0010] 进一步,用于加热再热蒸汽的高温熔盐槽式换热器还带有烟道挡板装置作为辅助手段,避免挡板法调节失效的问题。传统的烟道挡板法用分割烟道挡板法调控再热蒸汽温度的优点是结构简单,操作方便,已被许多大型电站锅炉采用。但缺点是汽温调节的时滞太大,挡板的开度与汽温变化为非线性关系,开度有效范围较窄。烟气挡板在40%~60%开度具有良好的调节性能,烟气份额在30%~70%具有良好的汽温调节性能。但如果烟气份额低于25%或高于75%,挡板将起不到调节作用,再热器汽温的调节手段将失效,不再能保证再热器的额定汽温。

[0011] 本发明的有益效果为:与以往采用太阳能加热给水/凝结水方案相比较,本发明采用太阳能加热高温蒸汽,由于没有回热抽汽量的变化,不会影响整个汽轮机通流中的蒸汽流量、压力、温度和所做功量。不用为了保证机组安全运行,对各级回热抽汽进行计算校核。另外,本发明使用超临界直流锅炉,没有汽包,储热容量小,因此,在同一程度的干扰下,蒸汽温度的变化相比汽包锅炉会更明显,而且本发明可以很好地控制主蒸汽和再热蒸汽的温度。

附图说明

[0012] 图1为本发明节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统太阳能热部分流程示意图。

[0013] 图2为本发明节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统燃煤电站部分流程示意图。

[0014] 图中:1-一级高压加热器;2-二级高压加热器;3-三级高压加热器;4-除氧器;5-一级低压加热器;6-二级低压加热器;7-三级低压加热器;8-四级低压加热器;HP为汽轮机高压缸;IP为汽轮机中压缸;LP为汽轮机低压缸;G为发电机。

具体实施方式

[0015] 本发明基于传统太阳能热互补燃煤电站系统,通过改变系统流程提出了一种性能更优的系统集成方案,下面通过附图和具体实施方式对本发明做进一步说明。燃煤机组选取660MW超临界火电机组作为参考系统。

[0016] 系统流程图如图1和图2所示:一级高压加热器(1)出口的给水引入锅炉中经省煤器以及水冷壁等受热面加热至饱和蒸汽状态,之后在汽水分离器出口处分为两部分。一部分饱和蒸汽按照原有燃煤电站受热面布置方式依次流经低过、分隔屏、后屏以及高过。另一部分饱和蒸汽引入#1太阳能加热器中与高温熔盐换热,然后将这部分过热蒸汽与高过出口蒸汽混合,维持主蒸汽温度不变(566℃)随后通入高压缸(HP)中膨胀做功。汽轮机高压缸排汽引入至锅炉中进行再热,高压缸排汽将依次通过锅炉内部低过与高再。高过出口的再热蒸汽引入#2太阳能加热器与高温熔盐换热,将再热蒸汽温度加热至566℃,随后通入中压缸(IP)中膨胀为发电机做功,进入中压缸的这部分再热蒸汽按照燃煤电站汽水系统流程继续为发电机做功,依次流经低压缸(LP)、串联的低压加热器5,6,7,8、除氧器4以及串联的高压加热器1,2,3,从而完成整个循环。被太阳能加热后的再热蒸汽与原燃煤电站系统再热蒸汽热力参数(温度、压力、流量等)完全相同,因此经太阳能加热后的再热蒸汽并不影响之后的热力循环。由上述可知,太阳能的引入减少了燃煤电站的给煤量,锅炉传递给蒸汽(水)的热量减少,使得过热蒸汽以及再热蒸汽不能达到额定温度,影响燃煤机组的安全运行。本发明利用太阳能将过热蒸汽以及再热蒸汽加热至额定温度,弥补了因为减少给煤量而导致的蒸汽吸热量不足的影响。

[0017] 在塔式太阳能集热系统中,低温熔盐经熔盐泵引入塔式太阳能接收器中接收太阳能热量,经太阳能加热后的高温熔盐分为两部分分别流入#1太阳能加热器和#2太阳能加热器加热过热蒸汽和再热蒸汽。换热后的两部分低温熔盐汇集再次流入熔盐泵中构成循环。在塔式太阳能集热系统中利用#2太阳能加热器加热再热蒸汽这一过程作为调控再热蒸汽温度的主要手段,烟道挡板法作为辅助调节手段,避免了传统分割烟道挡板法调控再热蒸汽温度时当烟气份额低于25%或高于75%挡板法调节失效的问题。

[0018] 下面结合算例,对本发明进一步说明。

[0019] 系统初始条件:本发明以一台660MW超临界火电机组作为参考系统,机组的主要参数如表1所示。为了准确衡量不同工况下太阳能的引入对机组节煤量以及性能的影响,定义两个参数:

$$[0020] \quad \eta_{se} = \frac{3.6 \cdot P_s}{\dot{Q}_s} = \frac{3.6 \cdot \left(P_z - \frac{\dot{Q}_b}{3.6} \cdot \eta_{ref} \right)}{\dot{Q}_s} = \frac{3.6 \cdot P_z - \dot{Q}_b \cdot \eta_{ref}}{\dot{Q}_s} \quad (1)$$

$$[0021] \quad b = \frac{1000m_{sc}}{E} \quad (2)$$

[0022] 式中, η_{se} 是光电转换效率; P_s 是太阳能输出功率(W); \dot{Q}_s 是总的太阳能辐照能量(kJ/h); P_z 是互补系统输出功率(W); \dot{Q}_b 是锅炉总的热负荷(kJ/h); η_{ref} 是参考系统原燃煤电

厂的效率； b 是供电煤耗(g/kWh)； m_{sc} 是转换到标煤的燃煤量(kg)； E 是电厂输出的电能(kWh)。

[0023] 表2为抽取11%蒸汽流量后的系统主要参数变化；表3为新系统中各设计点参数；表4为新系统的全年热力特性。在太阳能镜场规模的设计中，应考虑有一个最佳的太阳能镜场面积。因为当太阳能镜场面积增大时，新系统可以利用更多的太阳能从而节省更多的煤量。但是随着太阳能输入量的增加，太阳能的光-电转换效率并不是一直增大的，而是在达到某一值之后开始下降。新系统最佳设计点参数如表5所示。

[0024] 表1基准燃煤电站的主要参数

参数	单位	值
功率	MW	660
[0025] 主蒸汽压力	MPa	24.2
主蒸汽温度	°C	566
再热蒸汽温度	°C	566
锅炉给水温度	°C	275.3
锅炉给水流量	t/h	2150.6
[0026] 低压透平乏汽压力	kPa	5.3
低压透平乏汽焓值	kJ/kg	2351.5

[0027] 表2抽取11%蒸汽流量后的系统主要参数变化

温度(°C)	参考系统	新系统	变化量
HP 入口蒸汽	566	566	+0
IP 入口蒸汽	566	566	+0
[0028] 高过出口蒸汽	566	563.7	-4.25
高再出口蒸汽	566	550.3	-15.7
低过出口蒸汽	438.1	426.0	-12.1
给水	275.3	275.3	+0
烟气	142.8	128.3	-14.5

[0029] 表3新系统中各设计点参数

参数	单位	值
基准系统功率	MW	660
新系统功率（包括太阳能）	MW	660
锅炉给水流量	t/h	2150.6
[0030] #1太阳能加热器入口熔盐温度	℃	620
#1太阳能加热器出口熔盐温度	℃	516.9
#2太阳能加热器入口熔盐温度	℃	620
#2太阳能加热器出口熔盐温度	℃	572.8
#1太阳能加热器出口锅炉抽汽温度	℃	600.4
#2太阳能加热器出口再热蒸汽温度	℃	566
太阳能镜场面积	m ²	120000
塔式太阳能功率	MW	41.39
光-电转换效率	%	23.16
[0031] 基准系统标准供电煤耗	g/kWh	301.5
加入太阳能后的标准供电煤耗	g/kWh	293.8
供电煤耗减少量	g/kWh	7.7
基准系统净效率	%	40.80
新系统净效率	%	41.87

[0032] 表4新系统的全年热力特性

参数	单位	值
全年可利用太阳能小时数	h	2047
[0033] 全年太阳能净发电量	kWh	3.72×10^7
全年光-电转换效率	%	15.36
全年节煤量	t	10414
[0034] 表5新系统最佳设计点参数		
参数	单位	值
太阳能镜场面积	m^2	100000
[0035] 基准系统净效率	%	40.80
新系统净效率	%	41.77
基准系统标准供电煤耗	g/kWh	301.5
新系统标准供电煤耗	g/kWh	294.5
供电煤耗减少量	g/kWh	7.0
全年太阳能可利用小时数	h	2231
[0036] 太阳能净发电量	kWh	3.45×10^7
全年太阳能光-电转换效率	%	16.97
全年节煤量	t	9655

[0037] 如表3、表4所示,互补系统相比原系统,煤耗减少7.7g/kWh,全厂效率提高1.07%,最大瞬时光电转换效率可达23.16%,年光电转换效率为15.36%。而在最佳设计点下,表5所示,年光电转换效率提高到16.97%。对于现有单一的太阳能热发电技术,本发明节煤型高温塔式太阳能热互补燃煤电站集成系统更加节约成本,因此具有一定的经济性优势。

[0038] 以上对本发明进行了详细说明,显然,只要实质上没有脱离本发明的发明点及效果、对本领域的技术人员来说是显而易见的变形,也均包含在本发明的保护范围之内。

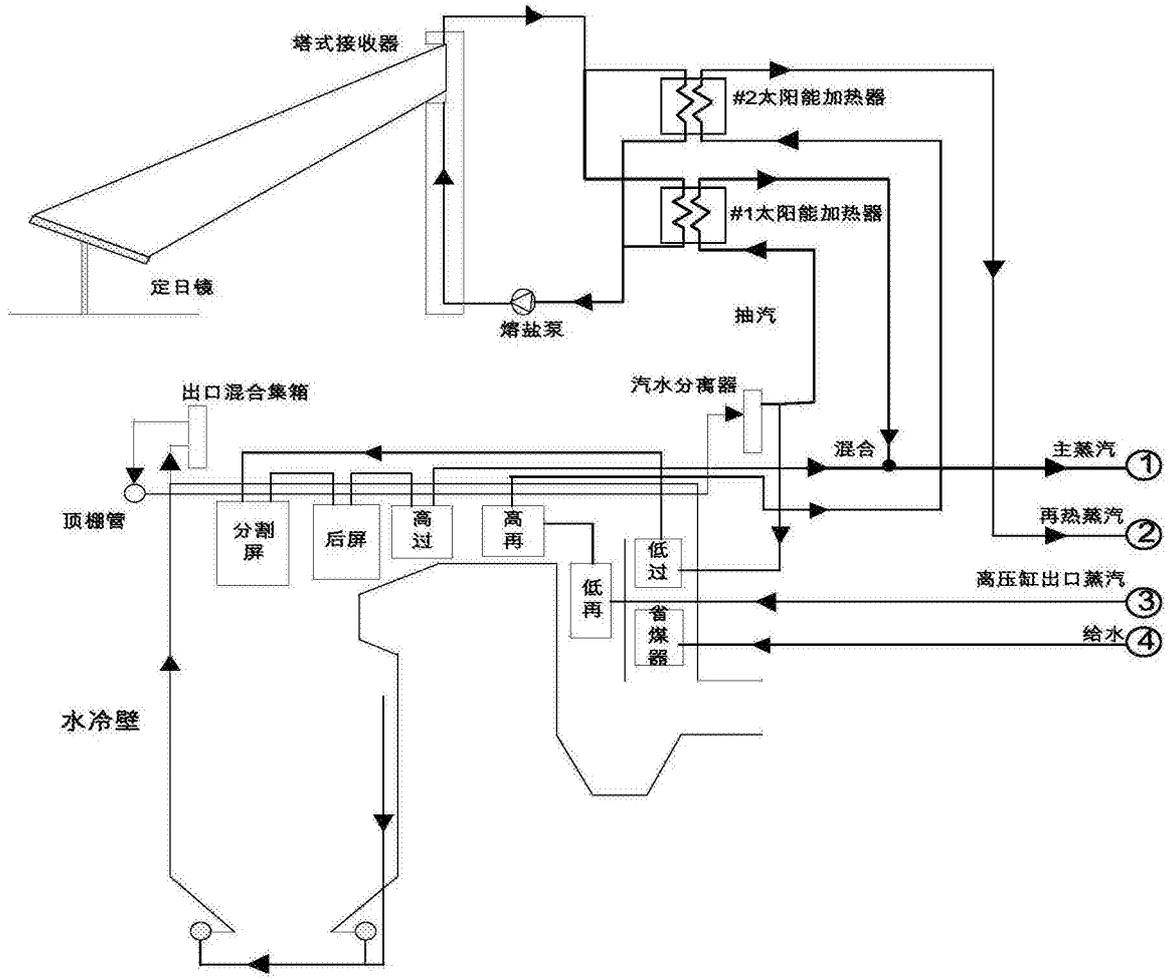


图1

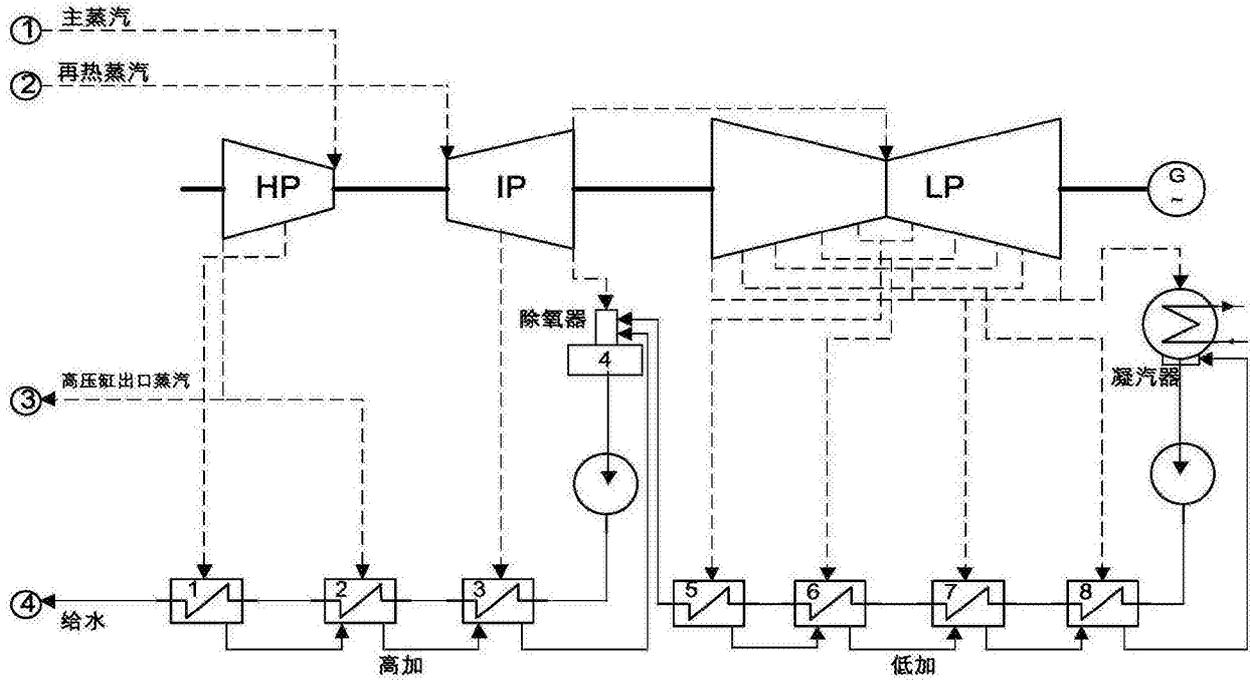


图2