



(12) 发明专利



(10) 授权公告号 CN 113958413 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 08

(21) 申请号 202111345411.0

(22) 申请日 2021.11.15

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113958413 A

(43) 申请公布日 2022.01.21

(73) 专利权人 西安热工研究院有限公司

地址 710032 陕西省西安市碑林区兴庆路
136号

(72) 发明人 王一丰 肖俊峰 胡孟起 夏林
连小龙 高松

(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 王晶

(51) Int. Cl.

F02C 7/08 (2006.01)

F02C 7/224 (2006.01)

F02C 3/22 (2006.01)

F02G 5/02 (2006.01)

F28D 7/06 (2006.01)

F22D 1/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 216691267 U, 2022.06.07

审查员 刘京

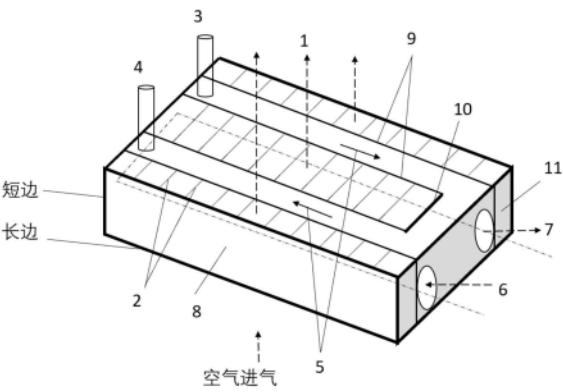
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热
系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统及方法,燃气-蒸汽联合循环余热回收锅炉侧系统包括加热器,加热器布置于燃气轮机过滤模组和冷却模组之前;回收余热的水通道、进气空气板翅通道和天然气的管排形成的错流体系中,热水通过隔板和翅片将热量转移给空气和天然气,热水通道与三个进气空气通道以及天然气管交错布置。进气通道的进气空气由抽气泵送入加热器中,天然气输入加热器中吸热升温后输送到燃烧室。本发明有助于改善机组部分负荷运行时的联合循环效率,从而满足机组在不同大气温度和负荷条件下热力性能优化的要求,提升联合循环发电机组的技术经济性。



1. 一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统,其特征在于,包括加热器(12)与燃气-蒸汽联合循环余热回收锅炉侧系统,所述燃气-蒸汽联合循环余热回收锅炉侧系统包括余热锅炉(21),在余热锅炉(21)尾部的烟道(22)出口处安装烟气-水加热器(23),并在烟道(22)的烟气侧设置挡板(25),用于调节参与换热的废热烟气流量,从水回收管道(24)中抽取软水,在烟气-水加热器(23)中吸热,然后将升温后的热水输送入热水蓄热器(26),再经由水泵(27)和阀门(28)通过热水进口输送管(3)输送到加热器(12),所述加热器(12)布置于过滤模块(16)和冷却模组(17)之前;

进气通道(1)的进气空气由抽气泵送入加热器(12)中,天然气由燃料进口管(6)输入加热器(12)中,吸热升温后通过燃料出口管(7)输送到燃烧室(19),出口管(7)在连接加热器(12)和燃烧室(19)的部分套有外管(13),外管(13)输送热水;

所述加热器(12)包括热水流道(5),所述热水流道(5)为呈U字形,所述热水流道(5)的U字形中间设置以及两侧分别设置有热水-空气隔板片(9),所述热水-空气隔板片(9)之间平直放置有不锈钢进气道翅片(2),形成板翅单元体,U字形的热水流道(5)顶部一边设置有热水进口输送管(3),另一边设置有热水出口排水管(4),所述热水流道(5)底部设置有燃料进口管(6)和燃料出口管(7),所述燃料进口管(6)和燃料出口管(7)呈U字形;

所述的进气通道(1)和热水流道(5)中的冷热流体在相邻的板翅单元体中正交错流,热量从热水流道(5)传递到进气道翅片(2)和软水-空气隔板片(9);

所述有燃料进口管(6)、燃料出口管(7)和热水流道(5)中的冷热流体在相邻的管壳式流道中逆向流动,热量从热水流道(5)传递到燃料进口管(6)、燃料出口管(7)。

2. 根据权利要求1所述的一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统,其特征在于,所述热水-空气隔板片(9)平直均匀排列,并由侧封头(11)进行钎焊焊牢。

3. 根据权利要求1所述的一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统,其特征在于,所述不锈钢进气道翅片(2)与翅片侧边的外隔板(8)钎焊成一体,所述不锈钢进气道翅片(2)垂直方向设置有进气通道(1)。

4. 根据权利要求1所述的一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统,其特征在于,所述U字形的热水流道(5)与中间的热水-空气隔板片(9)之间设置有保证热水包裹天然气内管的回程部分的回程隔板(10)。

5. 根据权利要求1所述的一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统,其特征在于,所述加热器(12)外加铝箱以封闭;

所述加热器(12)分为短边和长边,短边位于U字形的热水流道(5)顶部和底部,进气通道(1)的进气空气流程沿加热器(12)的短边,热水流道(5)的流程沿加热器长边。

6. 根据权利要求1所述的一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统,其特征在于,所述加热器(12)通过铆接扩口(14)连接过滤模块(16),在铆接扩口上布置温度测点(15),根据所需进气加热温度,可以通过铆接扩口(14)在加热器(12)基础上叠加安装加热器(12)。

7. 基于权利要求1-6任一项所述的一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统的运行方法,其特征在于,包括以下步骤;

燃气-蒸汽联合循环机组以部分工况运行时,或者需要调压的天然气的温度可能达不到规定的要求,此时加热器(12)能够对进气空气和燃料天然气进行预加热;

当燃气-蒸汽联合循环满负荷运行时,为了保证燃机出力,应关闭热水蓄热器后的阀门(28)和水泵(27),此时加热器(12)不工作;

如果需要提升燃气轮机出力,关闭阀门(28)和水泵(27)的同时,开启常规的压气机进气冷却模组(17),使用喷雾冷却或者LNG机组的压缩天然气冷能;

夏季条件下,进气和燃料气温本来就较高的情况下,应减弱对进气空气的加热,此时应电动调节余热锅炉尾部烟道的烟气挡板(25)的角度,挡住部分烟气,降低热水进口输送管(3)输送的热量;

冬季恶劣条件下,为了避免进气空气1结冰,应完全打开烟气挡板(25)、热水阀门(28)、水泵(27),同时对蓄热器(26)进行电加热,提高热水温度;

或者调节软水回水(24)减少提供软水的质量流量,来控制进气和燃料温度的升高幅度。

一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于能源动力行业的燃气-蒸汽联合循环技术领域,具体涉及一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统及方法。

背景技术

[0002] 目前燃气-蒸汽联合循环燃气轮机为减小占用空间,压气机进气和燃料进气系统在向紧凑高效化的方向发展。一般情况下冷却进气空气可以提高燃机效率及联合循环的满负荷出力,但受发电成本、天然气气源以及新能源上网的影响,燃气-蒸汽联合循环机组多承担调峰任务,以部分负荷运行,热耗大幅增加又性能降低。在国内燃机较多的省份,燃机负荷率为50%~80%,在此区间燃机负荷率为50%时,燃机热耗增加约30%。

[0003] 一方面,实践表明,对于长期部分负荷运行的燃机联合循环机组,通过加热进气空气可以有效地提高联合循环机组热效率,而采用低品位余热锅炉产生的热水作为进气的加热热源可以节省成本。此工艺常用的管壳式加热器效率较低,结构不紧凑,需很大的换热面积,所占体积庞大,空间布置困难;盘管或者扁管数量较多,在实际使用过程中大尺寸热器检修维护较为不便;当联合循环机组部分负荷运行时,进气和燃料的流量都减小,流体热交换的湍流强度减弱,存在流通面换热不均的问题。板翅式加热器是一种传热效率高、结构紧凑、重量轻而牢固、适应性强的换热设备,是一个新的发展方向。

[0004] 另一方面,在燃气-蒸汽联合循环中,预热天然气可改善天然气品质,而且可以减少燃料量,提高燃气轮机效率。目前国内燃气-蒸汽联合循环机组天然气加热器一般使用电加热和水浴法,保障天然气最低温度,但是成本和维护费用增加。利用余热锅炉烟气回收的热水可以输送热力到燃机侧,可以节约成本。为了防止泄露爆炸,一般不使用热空气作为介质和天然气进行换热,也不能使用传统的水-气换热器,因为内管流通热水、外壳输送燃料也不安全。如果管式管壳加热器内管输送天然气,外壳流通热水,在能满足到天然气侧运行压力的同时,具有中间介质分离,是一个新的发展方向。

发明内容

[0005] 为了克服以上技术问题,本发明提供了一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统及方法,有助于改善机组部分负荷运行时的联合循环效率,从而满足机组在不同大气温度和负荷条件下热力性能优化的要求,提升了联合循环发电机组的技术经济性。需要机组提供一套加热进气-燃料的热力方案,基于同时加热燃气轮机进气空气和燃料天然气的板翅-管壳耦合加热器,空气和燃料耦合加热器允许三股流体同时换热,优化联合循环两种热动源的耦合的设计流程,安全性更高,在一定的负荷下能有效改善联合循环性能。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0007] 一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统,包括加热器12与燃气-蒸汽联合循环余热回收锅炉侧系统,所述燃气-蒸汽联合循环余热回收锅炉侧系统包括余热锅炉21,在余热锅炉21尾部的烟道22出口处安装烟气-水加热器23,并在烟道22的出口处设置挡板

25,用于调节参与烟气-水加热器换热的废热烟气流量,从水回收管道24中抽取软水,在烟气-水加热器23中吸热,然后将升温后的热水输送入热水蓄热器26,再经由水泵27和阀门28通过管道3输送到加热器12,所述加热器12布置于原燃气轮机过滤模组16和冷却模组17之前;

[0008] 进气通道1的进气空气由抽气泵送入加热器12中,天然气由燃料进口管6输入加热器12中,吸热升温后通过燃料出口管7输送到燃烧室19,出口管7在连接加热器12和燃烧室19的部分套有外管13,外套管13输送热水。

[0009] 所述加热器12包括热水流道5,所述热水流道5为呈U字形,所述热水流道5的U字形中间设置以及两侧分别设置有热水-空气隔板片9,所述热水-空气隔板片9之间平直放置有不锈钢进气道翅片2,形成板翅单元体,U字形的热水流道5顶部一边设置有热水进口输送管3,另一边设置有热水出口排水管4,所述热水流道5底部设置有燃料进口管6和燃料出口管7,所述燃料进口管6和燃料出口管7呈U字形。

[0010] 所述的进气通道1和热水流道5中的冷热流体在相邻的板翅单元体中正交错流,热量从热水流道5传递到进气道翅片2和软水-空气隔板9。

[0011] 所述有燃料进口管6、燃料出口管7和热水流道5中的冷热流体在相邻的管壳式流道中逆向流动,热量从热水流道5传递到燃料进口管6、燃料出口管7。

[0012] 所述热水-空气隔板片9平直均匀排列,并由侧封头11进行钎焊焊牢。

[0013] 所述不锈钢进气道翅片2与翅片侧边的外隔板8钎焊成一体,所述不锈钢进气道翅片2垂直方向设置有进气通道1。

[0014] 所述U字形的热水流道5与中间的热水-空气隔板片9之间设置有保证热水包裹天然气内管的回程部分的回程隔板10。

[0015] 所述加热器12外加铝箱以封闭。

[0016] 所述加热器12分为短边和场边,短边位于U字形的热水流道5顶部和底部,进气流道1的进气空气流程沿加热器12的短边,热水流道5的流程沿加热器长边。

[0017] 所述加热器12通过铆接扩口14连接过滤模块16,在铆接扩口上布置温度测点15,根据所需进气加热温度,可以通过铆接扩口14在加热器12基础上叠加安装加热器12。

[0018] 一种燃气-蒸汽联合循环进气燃料耦合加热系统的运行方法,包括以下步骤;

[0019] 燃气-蒸汽联合循环机组以部分工况运行时,或者需要调压的天然气的温度可能达不到规定的要求,此时加热器12能够对进气空气和燃料天然气进行预加热;

[0020] 当燃气-蒸汽联合循环满负荷运行时,为了保证燃机出力,应关闭热水蓄热器后的阀门28和水泵27,此时加热器12不工作;

[0021] 如果需要提升燃气轮机出力,关闭阀门28和水泵27的同时,开启常规的压气机进气冷却模组17,使用喷雾冷却或者LNG机组的压缩天然气冷能;

[0022] 夏季条件下,进气和燃料气温本来就较高的情况下,应减弱对进气空气的加热,此时应电动调节余热锅炉尾部烟道的烟气挡板25的角度,挡住部分烟气,降低热水管3输送的热量;

[0023] 冬季恶劣条件下,为了避免进气空气1结冰,应完全打开烟气挡板25、热水阀门28、水泵27,同时对蓄热器26进行电加热,提高热水温度;

[0024] 或者调节软水回水24减少提供软水的质量流量,来控制进气和燃料温度的升高幅

度。

[0025] 综上所述,可以综合当前大气温度、机组负荷以及运行目标对进气温度进行冷却或加热切换调节。

[0026] 本发明的有益效果:

[0027] 本发明用于燃气-蒸汽联合循环满负荷和部分工况。回收余热的水通道、进气空气板翅通道和天然气的管排形成的错流体系中,热水通过隔板和翅片将热量转移给空气和天然气,热水通道与三个进气空气通道以及天然气管交叠。

[0028] 耦合加热器在具有的独有优势如下:

[0029] 板翅式加热器换热面积、换热体积、能耗都比传统加热器小,具有更高的传热系数和换热效率,制造无需垫片等密封元件,完全不存在内部泄漏缺陷;

[0030] 管式管壳加热器内管输送天然气,外壳流通热水,在能满足到天然气侧运行压力的同时,具有中间介质分离,完全避免了天然气加热所带来的泄露爆炸风险;

[0031] 因此本发明所述耦合加热器系统简单、结构紧凑、占地空间小、换热效率高,满足联合循环部分负荷运行,安全性高而且便于操作和维护;

[0032] 显然,空气和天然气配置同一个加热器能简化系统配置。

[0033] 因为进气和燃料吸收了锅炉排烟的废热能量,这部分能量又进入联合循环系统做功,由天然气和空气携带的能量升高,机组所需的燃料减少。

[0034] 本发明所提供加热器在燃气-蒸汽联合循环系统中所具有的优势如下:

[0035] 联合循环部分负荷工况下,进气温度提高后,燃机负荷率上升,燃机的发电效率升高。

[0036] 燃料天然气温度提高,联合循环发电效率可以提高,燃机热耗降低。

[0037] 加热进气也能防止燃气轮机的进气组件在冬季出现冰堵和湿堵等问题。

[0038] 当燃气-蒸汽联合循环满负荷运行时,或者夏季条件下进气和燃料气温本来就较高的情况下,本发明所提供加热器因为有热水蓄热器和烟气阀门,可以随时关闭,不影响常规的压气机进气冷却模组。

[0039] 节省了传统的使用厂用电加热天然气的装置,经济性好。

[0040] 部分负荷时利用压气机进气加热提高燃气轮机运行的负荷率,配合进气可转导叶调节,还能拓宽燃烧稳定的低负荷限定范围。

[0041] 利用排烟的热量加热软水,烟温一般在100℃左右,正常工况余热加热的水温在90℃,再通过输送热软水到燃气轮机机岛侧加热器,考虑到散热损失,本发明所述系统能实现加热压气机进气空气和燃料天然气到80℃的功能。

[0042] 综上所述,这种回收低品位余热加热进气空气和燃料天然气的管壳-板翅耦合加热器系统及方法,有助于改善机组部分负荷运行时的联合循环效率,从而满足机组在不同大气温度和负荷条件下热力性能优化的要求,提升了联合循环发电机组的技术经济性。

附图说明

[0043] 图1为本发明的进气-燃料耦合加热器示意图。

[0044] 图2为本发明加热装置结合联合循环的系统示意图。

具体实施方式

[0045] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0046] 如附图1所示,本发明中板翅-管壳耦合加热器12主要由四列进气通道1、热水进口输送管3和热水出口排水管4、天然气进口接管6和出口接管7、外隔板8、软水-空气隔板9、回程隔板10,以及封头11组成。

[0047] 加热器12各部分具体特征为:

[0048] 进气流道1和热水流道5中的冷热流体在相邻的板翅单元体中正交错流,热量从热水流道5传递到进气道翅片2和软水-空气隔板9;

[0049] 燃料管6、7和热水流道5中的冷热流体在相邻的管壳式流道中逆向流动,热量从热水流道5传递到天然气接管6和7;

[0050] 加热器内片冷热交替隔板为不锈钢材料,热水-空气隔板片9平直均匀排列,并由侧封头11进行钎焊焊牢;

[0051] 每列进气通道1都排布有翅片,采用30张不锈钢进气道翅片2,平直置于热水-空气平隔板9之间,与翅片侧边的外隔板8钎焊成一体;回程隔板10保证热水包裹天然气内管的回程部分;

[0052] 整个加热器12外加铝箱以封闭,保温性能良好。

[0053] 上述换热器12中,空气、天然气、热水三种流体耦合方式如下:

[0054] 进气空气的进气流道1的流程沿加热器的短边,设计时尽量将板翅进气侧的阻力设计成较小;

[0055] 热水流道5的流程沿加热器长边呈U字形,用给水泵将热水从加热器同一侧的进口输送管道3输入、从热水出口排水管4排出,回收装置回收软水;

[0056] 天然气内接管布置于热水流道5内,呈U字形从同一侧燃料进口管6输入和燃料出口管7输出,所述出口管7在连接加热器12和燃烧室19的部分套有外管13,外套管13输送热水;

[0057] 三种流体进出口均有测温测压仪器。

[0058] 如附图2所示,本发明基于上述燃气-空气加热器12提供相应的余热锅炉废热回收系统,应用于燃气-蒸汽联合循环。

[0059] 加热器12在燃气-蒸汽联合循环燃气轮机锅炉侧技术特征如下:

[0060] 在余热锅炉21尾部烟道22加装烟气-水加热管排23,并在其烟气侧设置铰接挡板25;

[0061] 烟气挡板25可以旋转角度,挡住部分烟道尾部烟气,调节参与烟气-水加热管排23换热的废热烟气流量;

[0062] 从水回收管道24中抽取软水,在烟气-水换热管排23中吸热,然后将升温后的热水输送入热水蓄热器26,再经由水泵27和阀门28通过管道3输送到本发明所述加热器12;

[0063] 可通过调节阀门28开度调节参与进气和燃料加热的水流量,必要时可以关阀。

[0064] 加热器12在燃气-蒸汽联合循环燃气轮机机岛侧技术特征如下:

[0065] 加热器12布置于原燃气轮机过滤模组16和冷却模组17之前;

[0066] 进气空气1由抽气泵送入板翅-管壳耦合加热器箱体中,由于加热器12的尺寸大于原燃气轮机进风口尺寸,需要加装铆接扩口14;

- [0067] 在铆接扩口上布置温度测点15监测进气空气温度；
- [0068] 根据实际联合循环机组所需加热温度,可以通过铆接扩口14在加热器12基础上叠加安装加热器12。
- [0069] 加热器进气空气在流道1吸热升温后通过扩口14进入压气机18进行压缩,具有较高压力和温度的空气进入燃烧室19；
- [0070] 天然气由燃料进口管6输入加热器中,吸热升温后通过燃料出口管7输送到燃烧室19；
- [0071] 具有较高压力和温度的空气和燃料混合燃烧,排出高温高压的燃气进入透平20做功。
- [0072] 本发明的工作原理：
- [0073] 燃气轮机在部分负荷运行时,通过调节压气机进气可转导叶的开度,改变压气机进气流量,保持燃气轮机的透平前温度为较高温度,保证燃气轮机的运行效率,压气机进气可转导叶开度由燃气轮机机组自动控制,所以这些参数与机组的负荷相互影响。所以,综合优化方案的具体实施以及详细技术方案应该根据机组实际运行参数、现场安装空间来制定：
- [0074] 燃气-蒸汽联合循环机组以部分工况运行时,或者需要调压的天然气的温度可能达不到规定的要求,此时加热器12能够对进气空气和燃料天然气进行预加热；
- [0075] 当燃气-蒸汽联合循环满负荷运行时,为了保证燃机出力,应关闭热水蓄热器后的阀门28和水泵27,此时加热器12不工作；
- [0076] 如果需要提升燃气轮机出力,关闭阀门28和水泵27的同时,开启常规的压气机进气冷却模组17,使用喷雾冷却或者LNG机组的压缩天然气冷能；
- [0077] 夏季条件下,进气和燃料气温本来就较高的情况下,应减弱对进气空气的加热,此时应电动调节余热锅炉尾部烟道的烟气挡板25的角度,挡住部分烟气,降低热水管3输送的热量；
- [0078] 冬季恶劣条件下,为了避免进气空气1结冰,应完全打开烟气挡板25、热水阀门28、水泵27,同时对蓄热器26进行电加热,提高热水温度；
- [0079] 还可以调节软水回水24减少提供软水的质量流量,来控制进气和燃料温度的升高幅度。
- [0080] 本发明将高效紧凑的板翅-管壳耦合加热器应用于燃气轮机进气-燃料加热系统中,加热器水侧由余热锅炉尾部烟道的废弃热量提供。由于燃气侧和空气侧的压力及温度的较大差异使得燃气侧和空气侧容积流率相差大,因此采用管式燃气流道和板式空气流道不同尺寸的设计来实现较高的换热效率。燃料天然气管壳式加热器内管采用光滑平管,进气空气板翅式加热器内部为翅片,对流换热与导热耦合在一起加强换热。可以综合当前大气温度、机组负荷以及运行目标对进气温度进行冷却或加热切换调节。

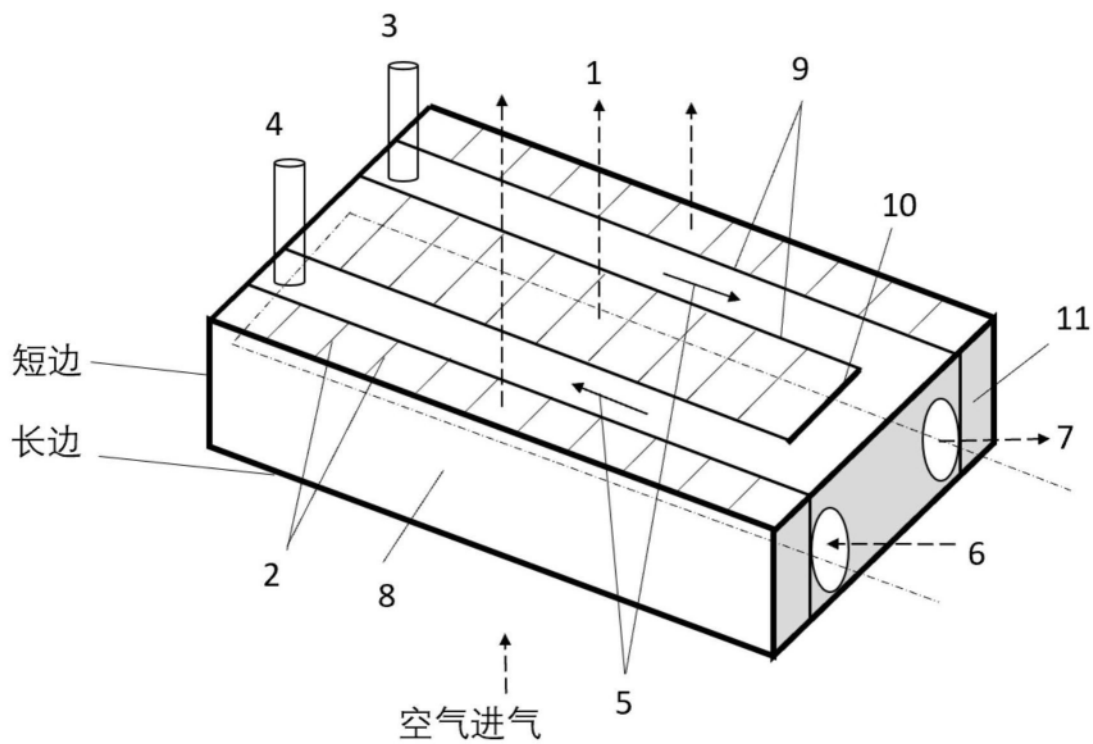


图1

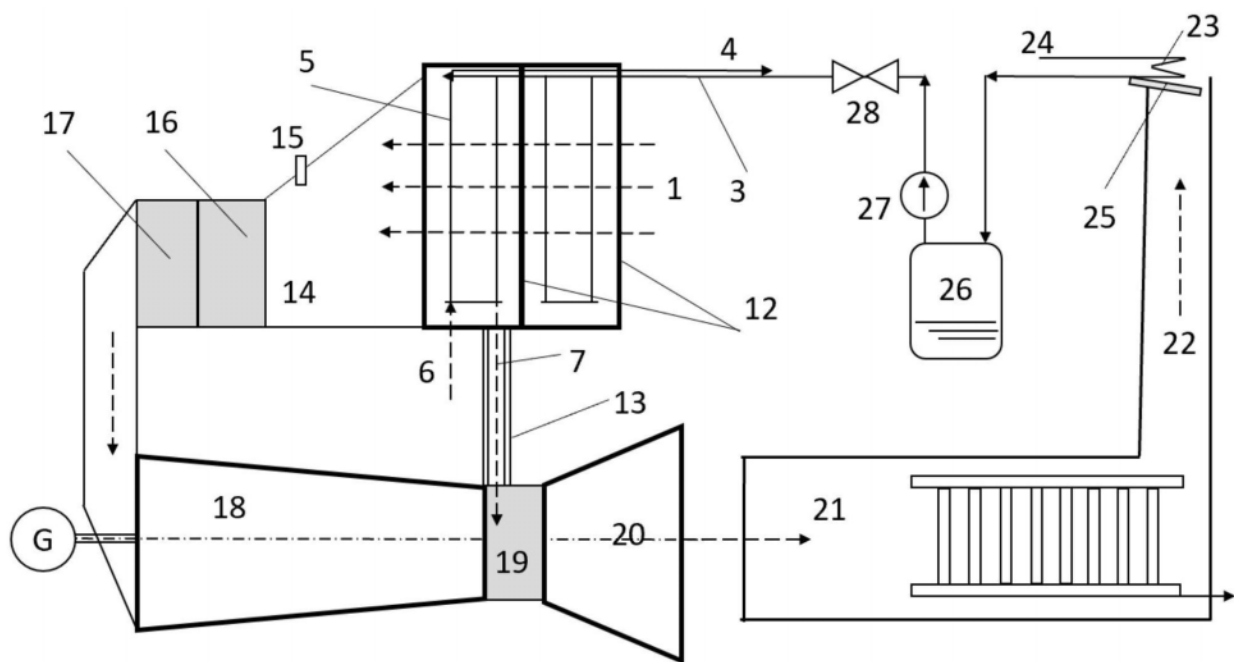


图2