(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 206319918 U
(45)授权公告日 2017.07.11

(21)申请号 201621398977.4

(22)申请日 2016.12.19

(73)专利权人 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司
地址 510663 广东省广州市萝岗区广州科学城天丰路1号

(72)发明人 郑赟 张怀强 彭娜 马雪松

(74)专利代理机构 广州华进联合专利商标代理有限公司 44224
代理人 陈思泽

(51)Int.Cl.
F01K 23/10(2006.01)
F01K 17/02(2006.01)
F01K 11/02(2006.01)
F01D 15/10(2006.01)
F02C 3/04(2006.01)
F02C 7/224(2006.01)
F02C 6/18(2006.01)
F22B 33/18(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

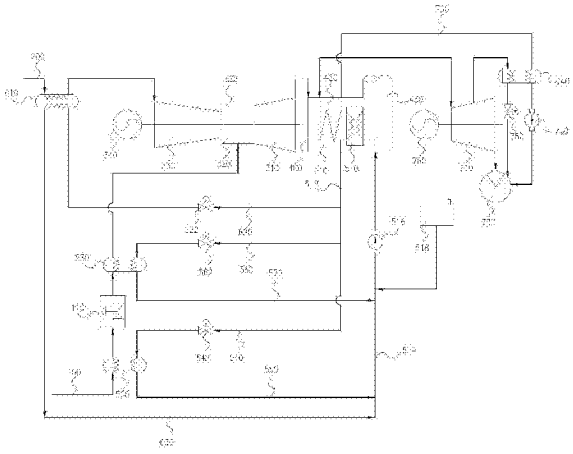
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54)实用新型名称

联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统

(57)摘要

本实用新型公开了一种联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，包括燃机机组，与所述燃机机组连接的进气管道和进料管道，与所述燃机机组出口连接的余热锅炉，与所述余热锅炉连接的烟囱，以及与所述余热锅炉连接的蒸汽机组，所述蒸汽轮机连接的汽水回热系统，连接所述进料管道和余热锅炉的燃料循环预热系统，连接所述进气管道和余热锅炉的空气循环预热系统。本实用新型提出的联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，提高整体的联合循环热效率，降低成本。



CN 206319918 U

1.一种联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，其特征在于，包括燃机机组，与所述燃机机组连接的进气管道和进料管道，与所述燃机机组出口连接的余热锅炉，与所述余热锅炉连接的烟囱，以及与所述余热锅炉连接的蒸汽机组，连接所述进料管道和余热锅炉的燃料循环预热系统，连接所述进气管道和余热锅炉的空气循环预热系统；

所述蒸汽机组包括与所述余热锅炉一端连接的蒸汽轮机，与所述蒸汽轮机一端连接的蒸汽发电机，与所述蒸汽轮机另一端连接的凝汽器，与所述凝汽器连接的凝结水泵，且所述凝结水泵与所述余热锅炉连接，以及连接所述蒸汽轮机、凝汽器和余热锅炉的汽水回热系统；

所述汽水回热系统包括连接于所述蒸汽轮机和凝汽器之间的汽水回热换热器，同时所述汽水回热换热器还连接于所述凝结水泵和余热锅炉另一端之间。

2.根据权利要求1所述的联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，其特征在于，所述余热锅炉包括一端与所述燃机机组连接的余热烟道，所述余热烟道另一端与所述烟囱连接；

以及设置于所述余热烟道中的烟气换热器，所述烟气换热器包括凝结水进水口和蒸汽出汽口，所述蒸汽出汽口与所述蒸汽轮机连接，所述凝结水进水口与所述汽水回热换热器连接。

3.根据权利要求1或2所述的联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，其特征在于，所述蒸汽轮机包括中间汽缸，以及设置于所述中间汽缸上的抽汽口，所述汽水回热换热器与所述抽汽口连接；

以及设置于所述汽水回热换热器和凝汽器之间的疏水阀。

4.根据权利要求2所述的联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，其特征在于，所述燃料循环预热系统包括设置于所述余热烟道尾部的余热换热器，设置于所述进料管道上的燃料换热器和燃料调压装置，连接所述余热换热器出口和燃料换热器进口的预热进水管，连接所述燃料换热器出口和余热换热器进口的预热回水管，以及连接于所述预热回水管上的输送泵。

5.根据权利要求4所述的联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，其特征在于，所述燃料循环预热系统包括第一燃料循环预热系统和第二燃料循环预热系统；

所述第一燃料循环预热系统包括所述余热换热器，设置于所述进料管道上的第一燃料换热器，连接所述余热换热器出口和第一燃料换热器进口的第一预热进水管，连接所述第一燃料换热器出口和余热换热器进口的第一预热回水管；

所述第二燃料循环预热系统包括所述余热换热器，与所述第一燃料换热器串联于所述进料管道上的第二燃料换热器，所述燃料调压装置设置于所述第一燃料换热器和第二燃料换热器之间，连接所述余热换热器出口和第二燃料换热器进口的第二预热进水管，连接所述第二燃料换热器出口和余热换热器进口的第二预热回水管或总预热进水管上；

以及一端连接于所述余热换热器出口、而另一端同时连接所述第一预热进水管和第二预热进水管的总预热进水管，一端连接于所述余热换热器进口、而另一端同时连接所述第一预热回水管和第二预热回水管的总预热回水管，所述输送泵设置于所述总预热回水管上。

6.根据权利要求5所述的联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，其特征在

于，所述燃料循环预热系统还包括设置于所述总预热回水管上的除盐水箱，且所述除盐水箱位于所述输送泵和第一预热回水管之间。

7.根据权利要求5所述的联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，其特征在于，所述第一燃料循环预热系统还包括设置于所述第一预热进水管上的第一流量控制阀，所述第一流量控制阀位于所述第一燃料换热器进口和余热换热器出口之间；

所述第二燃料循环预热系统还包括设置于所述第二预热进水管上的第二流量控制阀，所述第二流量控制阀位于所述第二燃料换热器进口和余热换热器出口之间。

8.根据权利要求5所述的联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，其特征在于，所述空气循环预热系统包括所述余热换热器，设置于所述进气管道上的空气换热器，连接于所述空气换热器进口的第三预热进水管，所述总预热进水管连接于所述余热换热器出口和第三预热进水管之间，连接所述空气换热器出口的第三预热回水管，所述总预热回水管连接于所述余热换热器进口和第三预热回水管之间，以及设置于所述第三预热进水管上的第三流量控制阀。

9.根据权利要求5所述的联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，其特征在于，所述汽水回热换热器、烟气换热器、余热换热器、第一燃料换热器、第二燃料换热器、空气换热器均设置为低压力等级的板式或管式换热器。

10.根据权利要求1所述的联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，其特征在于，所述燃机机组包括串联的压气机、燃烧室、透平机，以及与所述透平机连接的燃气发电机，且所述进气管道与所述压气机连接，所述进料管道与所述燃烧室连接，所述透平机与所述余热锅炉连接。

联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及燃气蒸汽联合循环发电技术领域，特别涉及一种联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统。

背景技术

[0002] 随着社会发展，人类对于能源的需求日益增长。由于燃机机组具有效率高、造价低、环境友好、占地少、调控灵活等优点，燃气蒸汽联合循环机组或者以燃机机组为主机的多联产工程已经成为世界各国为实现节能减排而积极发展的发电技术。在中国，由于燃气蒸汽联合循环机组除了供热以外，更多的是用作电网调峰调频，同时对发电机组的年运行小时数也有严格的控制，因此发电机组往往不能满负荷发电。但是，燃气蒸汽联合循环机组低负荷发电时效率相对较低，因此需要深入研究，如何使联合循环电厂高效地使用能源以减少天然气消耗，以及如何提高燃气蒸汽联合循环机组的热效率。

[0003] 而且，燃气蒸汽联合循环机组的热效率主要包括燃气循环效率(燃机机组发电机组热效率)和蒸汽循环效率(蒸汽轮机发电机组热效率)，提高燃气蒸汽联合循环机组的热效率的途径也就是提高这两个部分的一种或者两种效率。提高蒸汽循环效率主要途径，是通过增加蒸汽轮机的进汽参数从而提高蒸汽轮机的做功效率。此外，烟囱排烟时造成的热损失是余热锅炉的最大热损失，通过降低烟囱排烟温度对烟气余热进行深度利用可减少这种热损失，可提高余热锅炉换热效率，从而可提高蒸汽循环的热效率。

[0004] 传统技术中，在燃气蒸汽联合循环电厂里，普遍采用的是根据燃机机组的排烟温度和流量，选择更高压力和更高温度的蒸汽轮机和余热锅炉，使高参数蒸汽在蒸汽轮机获得更高的做功效率，从而提高整个燃气蒸汽联合循环机组的热效率。但是，这种方法需要蒸汽轮机、余热锅炉以及系统管道选择耐温耐压性能更好的材料，而蒸汽轮机和余热锅炉是电厂主设备投资中最主要的部分，采用这种方法会直接大幅度地增加电厂初投资，导致投资回收期较长。无论是对于新建机组还是改造老机组，成本都较高，不利于推广。

[0005] 此外，传统技术中也会采用提高进入燃机机组燃料的温度的方式，可以增加进入燃机机组燃烧室的燃烧稳定性，同时还能提高燃料燃烧温度从而提高燃机机组的热效率。联合循环技术经过长期的经验积累和发展，普遍采用的燃料温度加热热源主要来自余热锅炉产出的中压饱和水，即蒸汽轮机做功乏汽在凝汽器形成的凝结水，供至余热锅炉与燃机机组排烟烟气换热形成约240℃的饱和水，这些饱和水部分被抽取供应至燃机机组燃料加热用的换热器，其余剩下的饱和水继续在余热锅炉被加热形成蒸汽进入蒸汽轮机做功发电。使用中压饱和水作为燃料加热热源有两个考虑，其一具有较高品位的能量可以使燃料加热到预定温度约130～190℃；其二是饱和水压力需要高于燃料运行压力，保障在换热器破管泄漏时避免燃料窜入水系统，进而带入蒸汽轮机发生爆炸的风险。但采用这种技术，会损失部分可以做功的过热蒸汽，从而使余热锅炉部分烟气热量通过高温饱和水传递给燃料，虽然增加了燃机机组的燃气循环效率，但降低了蒸汽轮机的蒸汽循环效率，总的整体联合循环效率提高有限。

实用新型内容

[0006] 基于此，针对上述问题，本实用新型提出一种联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，提高整体的联合循环热效率，降低成本。

[0007] 其技术方案如下：

[0008] 一种联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，包括燃机机组，与所述燃机机组连接的进气管道和进料管道，与所述燃机机组出口连接的余热锅炉，与所述余热锅炉连接的烟囱，以及与所述余热锅炉连接的蒸汽机组，连接所述进料管道和余热锅炉的燃料循环预热系统，连接所述进气管道和余热锅炉的空气循环预热系统；

[0009] 所述蒸汽机组包括与所述余热锅炉一端连接的蒸汽轮机，与所述蒸汽轮机一端连接的蒸汽发电机，与所述蒸汽轮机另一端连接的凝汽器，与所述凝汽器连接的凝结水泵，且所述凝结水泵与所述余热锅炉连接，以及连接所述蒸汽轮机、凝汽器和余热锅炉的汽水回热系统；

[0010] 所述汽水回热系统包括连接于所述蒸汽轮机和凝汽器之间的汽水回热换热器，同时所述汽水回热换热器还连接于所述凝结水泵和余热锅炉另一端之间。

[0011] 下面对其进一步技术方案进行说明：

[0012] 进一步地，所述余热锅炉包括一端与所述燃机机组连接的余热烟道，所述余热烟道另一端与所述烟囱连接；

[0013] 以及设置于所述余热烟道中的烟气换热器，所述烟气换热器包括凝结水进水口和蒸汽出汽口，所述蒸汽出汽口与所述蒸汽轮机连接，所述凝结水进水口与所述汽水回热换热器连接。

[0014] 进一步地，所述蒸汽轮机包括中间汽缸，以及设置于所述中间汽缸上的抽汽口，所述汽水回热换热器与所述抽汽口连接；

[0015] 以及设置于所述汽水回热换热器和凝汽器之间的疏水阀。

[0016] 进一步地，所述燃料循环预热系统包括设置于所述余热烟道尾部的余热换热器，设置于所述进料管道上的燃料换热器和燃料调压装置，连接所述余热换热器出口和燃料换热器进口的预热进水管，连接所述燃料换热器出口和余热换热器进口的预热回水管，以及连接于所述预热回水管上的输送泵。

[0017] 进一步地，所述燃料循环预热系统包括第一燃料循环预热系统和第二燃料循环预热系统；

[0018] 所述第一燃料循环预热系统包括所述余热换热器，设置于所述进料管道上的第一燃料换热器，连接所述余热换热器出口和第一燃料换热器进口的第一预热进水管，连接所述第一燃料换热器出口和余热换热器进口的第一预热回水管；

[0019] 所述第二燃料循环预热系统包括所述余热换热器，与所述第一燃料换热器串联于所述进料管道上的第二燃料换热器，所述燃料调压装置设置于所述第一燃料换热器和第二燃料换热器之间，连接所述余热换热器出口和第二燃料换热器进口的第二预热进水管，连接所述第二燃料换热器出口和余热换热器进口的第二预热回水管或总预热进水管上；

[0020] 以及一端连接于所述余热换热器出口、而另一端同时连接所述第一预热进水管和第二预热进水管的总预热进水管，一端连接于所述余热换热器进口、而另一端同时连接所

述第一预热回水管和第二预热回水管的总预热回水管，所述输送泵设置于所述总预热回水管上。

[0021] 进一步地，所述燃料循环预热系统还包括设置于所述总预热回水管上的除盐水箱，且所述除盐水箱位于所述输送泵和第一预热回水管之间。

[0022] 进一步地，所述第一燃料循环预热系统还包括设置于所述第一预热进水管上的第一流量控制阀，所述第一流量控制阀位于所述第一燃料换热器进口和余热换热器出口之间；

[0023] 所述第二燃料循环预热系统还包括设置于所述第二预热进水管上的第二流量控制阀，所述第二流量控制阀位于所述第二燃料换热器进口和余热换热器出口之间。

[0024] 进一步地，所述空气循环预热系统包括所述余热换热器，设置于所述进气管道上的空气换热器，连接于所述空气换热器进口的第三预热进水管，所述总预热进水管连接于所述余热换热器出口和第三预热进水管之间，连接所述空气换热器出口的第三预热回水管，所述总预热回水管连接于所述余热换热器进口和第三预热回水管之间，以及设置于所述第三预热进水管上的第三流量控制阀。

[0025] 进一步地，所述汽水回热换热器、烟气换热器、余热换热器、第一燃料换热器、第二燃料换热器、空气换热器均设置为低压力等级的板式或管式换热器。

[0026] 进一步地，所述燃机机组包括串联的压气机、燃烧室、透平机，以及与所述透平机连接的燃气发电机，且所述进气管道与所述压气机连接，所述进料管道与所述燃烧室连接，所述透平机与所述余热锅炉连接。

[0027] 本实用新型具有如下突出的有益效果：提供一种节能高效、加热燃料和空气的新型集成控制系统，并直接深度利用余热锅炉烟气余热，同时提高燃气循环和蒸汽循环效率，保证安全运行；在保证燃机机组安全高效运行的基础上，充分利用低品位余热，提高燃机机组做功效率和燃烧稳定性的同时，减小蒸汽循环效率下降的影响，从而实现全负荷运行区间大幅度提升联合循环整体效率。

附图说明

[0028] 图1是本实用新型实施例中所述联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统的结构示意框图。

[0029] 附图标记说明：

[0030] 100-进料管道，110-燃料调压装置，200-进气管道，300-燃机机组，310-透平机，320-燃烧室，330-压气机，340-燃气发电机，400-余热锅炉，410-余热烟道，420-烟气换热器，430-烟囱，500-燃料循环预热系统，510-余热换热器，512-总预热进水管，514-总预热回水管，516-输送泵，518-除盐水箱，520-第一燃料换热器，530-第二燃料换热器，540-第一预热进水管，542-第一流量控制阀，550-第一预热回水管，560-第二预热进水管，562-第二流量控制阀，570-第二预热回水管，600-空气循环预热系统，610-空气换热器，620-第三预热进水管，622-第三流量控制阀，630-第三预热回水管，700-蒸汽机组，710-蒸汽轮机，720-凝汽器，730-凝结水泵，740-汽水回热换热器，750-疏水阀，760-蒸汽发电机。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图对本实用新型的实施例进行详细说明。

[0032] 如图1所示，一种联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，包括燃机机组300，与所述燃机机组300连接的进气管道200和进料管道100，与所述燃机机组300出口连接的余热锅炉400，与所述余热锅炉400连接的烟囱430，以及与所述余热锅炉400连接的蒸汽机组700。燃气蒸汽联合循环发电厂以燃机机组300和蒸汽机组700为主机，通过进气管道200和进料管道100向燃机机组供应空气和燃料，并在燃机机组300中混合空气和燃料进行燃烧，利用产生的烟气做功发电。同时，燃机机组300的做功后的排烟会将剩余的热量带入余热锅炉400内加热介质水变为高参数蒸汽，冷却的烟气会从烟囱430排出，而高参数蒸汽会进入蒸汽机组700做功发电或者供热，蒸汽在蒸汽机组700中做功后凝结成水，并重新进入余热锅炉400升温升压变为高参数蒸汽，高参数蒸汽又进入蒸汽机组700做功发电或者供热，从而形成蒸汽热力循环。

[0033] 而且，所述燃机机组300包括串联的透平机310、燃烧室320、压气机330，以及与所述压气机330连接的燃气发电机340，且所述进气管道200与所述压气机330连接，所述进料管道100与所述燃烧室320连接，所述透平机310与所述余热锅炉400连接。混合空气由进气管道200进入压气机330，并被压缩升压后排进燃烧室320，同时燃料由进料管道100进入燃烧室320，在燃烧室320中空气和燃料混合燃烧而产生高温烟气，高温烟气推动透平机310做功，做功产生的部分能量传递到压气机330使其能压缩空气，其余部分能量传递到燃气发电机340发电。此外，在透平机310中做完功的烟气会排入到余热锅炉400中，并将将剩余的热量带入余热锅炉400。

[0034] 此外，所述蒸汽机组700包括与所述余热锅炉400一端连接的蒸汽轮机710，与所述蒸汽轮机710一端连接的蒸汽发电机760，与所述蒸汽轮机710另一端连接的凝汽器720，与所述凝汽器720连接的凝结水泵730，且所述凝结水泵730与所述余热锅炉400连接。而且，所述余热锅炉400包括一端与所述燃机机组连接的余热烟道410，所述余热烟道410另一端与所述烟囱430连接，以及设置于所述余热烟道410中的烟气换热器420。所述烟气换热器420包括凝结水进水口和蒸汽出汽口，所述蒸汽出汽口与所述蒸汽轮机710连接，所述凝结水进水口与凝结水泵730连接。从燃机机组300中排出的烟气进入余热锅炉400的余热烟道410中，与余热烟道410中的烟气换热器420中的凝结水进行换热，将凝结水加热成过热蒸汽，并将过热蒸汽输送到蒸汽轮机710中并驱使去运转做功，从而带动与蒸汽轮机710连接的蒸汽发电机760发电。蒸汽轮机710做功后的乏汽，在凝汽器720被冷却形成的凝结水，经过凝结水泵730升压后送回余热锅炉的烟气换热器420换热，再形成过热蒸汽并输送给蒸汽轮机710做功，以形成汽水循环。

[0035] 此外，所述蒸汽机组700还包括连接所述蒸汽轮机710、凝汽器720和余热锅炉400的汽水回热系统。所述汽水回热系统包括连接于所述蒸汽轮机710和凝汽器720之间的汽水回热换热器740，同时所述汽水回热换热器740还连接于所述凝结水泵730和余热锅炉400另一端之间。蒸汽轮机710做功后的乏汽，在凝汽器720被冷却形成的凝结水，经过凝结水泵730升压后首先被汽水回热系统的汽水回热换热器740蒸汽加热成中温凝结水，再向余热锅炉400供水。在余热锅炉400的烟气换热器420内中温凝结水与燃机机组做功后的烟气循环换热，形成过热蒸汽，最后进入蒸汽轮机710做功完成汽水循环。其中，汽水回热系统的汽水回热换热器740的热源侧为从蒸汽轮机710中抽取的部分蒸汽，该部分蒸汽在汽水回热换热

器740中加热凝结水后被冷却成疏水，并进入凝汽器720与蒸汽轮机710做功后的凝结水合并。通过设置汽水循环的汽水回热系统，不会减少进入蒸汽轮机710的蒸汽量，却提高了进入余热锅炉400的凝结水的初始温度，从而提高了热力循环的平均吸热温度，提高了蒸汽循环效率，同时得到更多的烟气余热能量。

[0036] 而且，所述蒸汽轮机710包括中间汽缸，以及设置于所述中间汽缸上的抽汽口，所述汽水回热换热器740与所述抽汽口连接。即所述汽水回热换热器740通过蒸汽轮机710的中间汽缸上设置的抽汽口抽取部分蒸汽，利用该部分蒸汽在汽水回热换热器740中与凝结水换热以形成中温凝结水。而且，从蒸汽轮机710中部抽取蒸汽不会影响蒸汽轮机710的正常做功，也不会使得抽取的蒸汽温度过低而影响对凝结水的换热。此外，所述汽水回热系统还包括设置于所述汽水回热换热器740和凝汽器720之间的疏水阀750。通过疏水阀750，可以调节从汽水回热换热器740中排出的疏水量，也可以调节进入汽水回热换热器740的蒸汽量。通过设置汽水回热换热器740，可以调节进入余热锅炉400的凝结水水温，从而影响余热锅炉400尾部烟气的温度，使对余热锅炉的余热的利用能够根据燃机机组的不同运行工况而自动调节到最佳运行参数下。

[0037] 此外，所述联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统还包括连接所述进料管道100和余热锅炉400的燃料循环预热系统500。通过燃料循环预热系统500可以利用余热锅炉400的烟气热量，加热进料管道100中的燃料温度。

[0038] 进一步地，所述燃料循环预热系统500包括设置于所述余热烟道410尾部的余热换热器510(在余热锅炉的余热烟道尾部设置余热换热器510，以回收烟气余热)，设置于所述进料管道100上的燃料换热器和燃料调压装置110，连接所述余热换热器510出口和燃料换热器进口的预热进水管，连接所述燃料换热器出口和余热换热器进口的预热回水管，以及连接于所述预热回水管上的输送泵516。通过设置燃料循环预热系统500，在燃机机组燃料加热侧，除盐水通过预热回水管540上设置的输送泵542，输送到余热锅炉400尾部的余热烟道410中设置的余热换热器510内，被余热烟道410尾部的烟气余热加热到较高温度形成高温除盐水，高温除盐水通过预热进水管进入燃料换热器与进料管道100中燃料进行换热，将进料管道100中的燃料加热到燃机机组高效安全运行的温度。换热后的高温除盐水随后被冷却，通过预热回水管上设置的输送泵516输送到余热换热器510中继续进行换热，形成闭式循环。

[0039] 此外，所述燃料循环预热系统500还包括设置于所述预热回水管上的除盐水箱518，且所述除盐水箱518位于所述输送泵516和燃料换热器出口之间。在除盐水输送泵516前设置稳压补水的除盐水箱518，以保证除盐水输送泵516安全运行不气蚀。而且，所述燃料循环预热系统500并不与蒸汽轮机做功的原汽水循环系统耦合，互不影响，避免降低了进入蒸汽轮机的过热蒸汽量从而降低了蒸汽循环效率，也避免燃料泄漏进入蒸汽轮机存在爆炸风险。此外，所述燃料循环预热系统500还包括设置于所述预热进水管上的流量控制阀，所述流量控制阀位于所述燃料换热器进口和余热换热器510出口之间。通过设置流量控制阀，可以调节进入燃料换热器中的热水量，以调节对燃料的换热温度。

[0040] 而且，所述燃料循环预热系统500包括第一燃料循环预热系统和第二燃料循环预热系统。通过第一燃料循环预热系统和第二燃料循环预热系统，可以利用余热锅炉400的热量对进料管道中的燃料进行两次加热。进一步地，所述第一燃料循环预热系统包括所述余

热换热器510，设置于所述进料管道100上的第一燃料换热器520，连接所述余热换热器510出口和第一燃料换热器520进口的第一预热进水管540，连接所述第一燃料换热器520出口和余热换热器510进口的第一预热回水管550。通过设置第一燃料循环预热系统，在燃机机组燃料加热侧，除盐水通过输送泵516输送到余热锅炉400尾部的余热烟道410中设置的余热换热器510内，被余热烟道410尾部的烟气余热加热到较高温度形成高温除盐水，高温除盐水通过第一预热进水管540进入第一燃料换热器520与进料管道100中燃料进行第一次换热，将进料管道100中的燃料加热到一定温度。换热后的高温除盐水随后被冷却，通过第一预热回水管550输送到余热换热器510中继续进行换热，形成闭式循环。

[0041] 此外，所述第二燃料循环预热系统也包括所述余热换热器510，与所述第一燃料换热器520串联于所述进料管道100上的第二燃料换热器530，所述燃料调压装置110设置于所述第一燃料换热器520和第二燃料换热器530之间，连接所述余热换热器510出口和第二燃料换热器530进口的第二预热进水管560，连接所述第二燃料换热器530出口和余热换热器510进口的第二预热回水管570。通过设置第二燃料循环预热系统，在燃机机组燃料加热侧，除盐水通过输送泵516输送到余热换热器510内，被余热烟道410尾部的烟气余热加热到较高温度形成高温除盐水，高温除盐水通过第二预热进水管560进入第二燃料换热器530与进料管道100中燃料进行第二次换热，将进料管道100中的燃料加热到燃机机组高效安全运行的温度。换热后的高温除盐水随后被冷却，通过第二预热回水管570输送到余热换热器510中继续进行换热，形成闭式循环。

[0042] 而且，所述燃料循环预热系统500还包括一端连接于所述余热换热器510出口、而另一端同时连接所述第一预热进水管540和第二预热进水管560的总预热进水管512，一端连接于所述余热换热器510进口、而另一端同时连接所述第一预热回水管550和第二预热回水管570的总预热回水管514，所述输送泵516设置于所述总预热回水管514上。即通过设置总预热进水管512和总预热回水管514，方便地将第一预热进水管540和第二预热进水管560连接于所述余热换热器510的出口，并将第一预热回水管550和第二预热回水管570连接于所述余热换热器510的进口，便于利用所述余热换热器510对两个燃料循环预热系统进行供热和热循环。

[0043] 此外，所述第一燃料循环预热系统还包括设置于所述第一预热进水管540上的第一流量控制阀542，所述第一流量控制阀542位于所述第一燃料换热器520进口和余热换热器510出口之间。所述第二燃料循环预热系统还包括设置于所述第二预热进水管560上的第二流量控制阀562，所述第二流量控制阀562位于所述第二燃料换热器530进口和余热换热器510出口之间。利用第一流量控制阀542和第二流量控制阀562可以调整进入第一燃料换热器520和第二燃料换热器530中的高温除盐水流量，以控制第一燃料换热器520和第二燃料换热器530对燃料的换热量，也可以调整余热换热器510与余热烟气的换热量。

[0044] 而且，经过余热换热器510换热产生的高温除盐水通过第一流量控制阀542后进入第一热量加热器520，对进料管道100中的燃料进行一级加热，使燃料在通过进料管道100上设置的燃料调压装置110调压降温后不出现结冰，保证机组运行安全(为满足大面积长距离用户的要求，外管网中的气体燃料的输送压力往往较高，此时需要调节燃料压力满足燃机机组的燃料进料压力要求才能使其正常安全运行。气体燃料在进料管道上利用燃料调压装置进行降压的过程中，由于其自身物理特性，燃料温度也随着压力的降低而下降，为了满足

燃机机组高效安全运行的燃料进料温度，也为了防止气体燃料结冰出现堵塞(冰堵)，因此需要先对燃料进行加热，以保障机组的安全正常投运)。同时，对进料管道100中的燃料进行一级加热，还可以使燃料温度接近甚至满足燃机机组安全稳定运行的燃料温度要求。此外，根据燃机机组不同负荷工况的运行情况，需要调整进入燃机机组的燃料温度时，当经过第一燃料换热器520加热的燃料温度不能满足燃机机组的要求时，则通过第二燃料换热器530的对燃料继续进行加热，从而使燃料达到燃机机组最高效运行的燃料温度。此外，在燃机机组的部分运行工况下，要求进入燃机机组的燃料温度不高时，第二燃料换热器530可以不投用，即将第二流量控制阀562关至最小，若燃料经第一燃料换热器520和燃料调压装置110调压后的温度仍高于燃机机组允许的安全稳定运行燃料温度时，可以继续关小第一流量控制阀562。

[0045] 此外，所述联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统还包括连接所述进气管道200和余热锅炉400的空气循环预热系统600。通过空气循环预热系统600可以利用余热锅炉400的烟气热量，加热进气管道200中的空气温度。可知，联合循环的效率为燃气轮机效率与蒸汽轮机效率之和。当加热进入燃气轮机的空气时，燃气轮机的效率逐渐降低，空气温度越高，效率下降的幅度越大，并且到了一定高温时会影响燃气轮机的安全运行。国内外的燃气轮机性能特性曲线表明，燃气轮机的效率随着空气温度升高而先缓和后剧烈地下降变化。但是，进入燃气轮机的空气被加热时，进入余热锅炉的燃气轮机排出烟气温度也同时被升高，这是因为燃气轮机本身燃烧性质导致，可以理解为燃气轮机效率降低，做功不完全，烟气热能没有全部用来做功，最终排出至燃气轮机的烟温较高，此时在余热锅炉被汽水介质吸热，得到更高温度和更大流量的过热蒸汽，进入蒸汽轮机做功，从而提高蒸汽轮机的效率。此时，此消彼长使联合循环总效率达到一个不变的平衡点，在平衡点前，通过所述空气循环预热系统600加热进入燃气轮机的空气使得燃气轮机的效率降低小于蒸汽轮机的效率升高，最终总联合循环效率被提高。

[0046] 具体地，所述空气循环预热系统600包括所述余热换热器510，设置于所述进气管道200上的空气换热器610，连接于所述空气换热器610进口的第三预热进水管620，所述总预热进水管512连接于所述余热换热器510出口和第三预热进水管620之间，连接所述空气换热器610出口的第三预热回水管630，所述总预热回水管514连接于所述余热换热器510进口和第三预热回水管630之间，以及设置于所述第三预热进水管620上的第三流量控制阀622。通过设置空气循环预热系统600，在燃机机组空气加热侧，除盐水通过输送泵516输送到余热换热器510内，被余热烟道410尾部的烟气余热加热到较高温度形成高温除盐水，高温除盐水通过总预热进水管512和第三预热进水管620进入空气循环预热系统600，与进气管道200中的空气进行换热，将进气管道200中的空气加热到燃机机组高效安全运行的温度。换热后的高温除盐水随后被冷却，通过第三预热回水管630及总预热回水管514输送到余热换热器510中继续进行换热，形成闭式循环。通过设置空气循环预热系统600对进入燃机机组的空气加热，使燃机机组做功后的排烟温度升高，从而增加余热锅炉400的烟气总热量，也就增加产生更多过热蒸汽的能力，最终提高了蒸汽轮机做功能力。此外，在部分运行工况下，提高进入燃机机组的空气温度也会提高整体联合循环的出力。类似燃料循环预热系统，也可以通过调节第三流量控制阀622来调整进入燃机机组的空气温度，使其达到最佳运行效率的温度。

[0047] 而且，进入燃机机组的空气和燃料温度均作为整个集成系统的反馈信号，通过除盐水的流量控制，用以调节进入各换热器的热量，从而改变了余热锅炉400的烟气热量。若进入燃机机组的燃料和空气需要更多的热量时，要求流经余热换热器510的烟气热量越高，进入此处的凝结水温度越高，则从汽水回热系统的蒸汽轮机的中间汽缸抽取的蒸汽量增加；反之，若进入燃机机组的燃料和空气不需要较多热量时，流经余热换热器510的烟气热量不需要这么高，则降低进入余热锅炉400的余热烟道尾部的凝结水温度，使余热锅炉400的余热烟道尾部的烟气温度降低，此时汽水回热系统的蒸汽轮机的中间汽缸抽取的蒸汽量降低，甚至汽水回热系统的汽水回热换热器不用投用。而且，当第一燃料换热器520、第二燃料换热器630、空气换热器610需要更多的热量时，则要求进入余热锅炉400的凝结水温度升高，以使得经过余热换热器510的烟气温度升高，这就通过自动调节蒸汽轮机抽取的蒸汽量来控制凝结水温度，也即汽水回热系统的汽水回热换热器后的凝结水温度作为对汽缸的抽汽量和疏水阀的开度进行控制的信号反馈。

[0048] 此外，进入燃机机组的空气的温度作为第三流量控制阀622调节动作的信号反馈，当燃机机组需要达到最高效率运行的空气温度时，通过调节进入空气换热器610里高温除盐水量来调节空气温度。此外，进入燃机机组的燃料的温度作为第一流量控制阀542和第二流量控制阀562动作的信号反馈。当燃机机组需要增加达到最高效率运行的燃料温度时，调节第一流量控制阀542增加进入第一燃料换热器520的高温除盐水流量，当燃料调压降温后的温度仍然达不到燃机机组最佳效率运行燃料温度时，继续增大第二流量控制阀562从而增加进入第二燃料换热器530的高温除盐水流量，直至燃料的温度达到最高效运行所需燃料温度设定值。反之亦然。

[0049] 此外，所述汽水回热换热器、烟气换热器、余热换热器、第一燃料换热器、第二燃料换热器、空气换热器均设置为低压力等级的板式或管式换热器。这种板式或管式结构的换热器结构简单，成本低。而且，低压力等级的换热器，系统简单，运行可靠性高，系统造价较低。此外，燃机机组中使用的燃料，包括气体、液体燃料，则燃料换热器对应为气水换热器或者油水换热器。

[0050] 本实用新型所述联合循环电厂汽水回热及余热综合利用提效系统，提供一种节能高效、加热燃料和空气的新型集成控制系统，并直接深度利用余热锅炉烟气余热，同时提高燃气循环和蒸汽循环效率，保证安全运行；在保证燃机机组安全高效运行的基础上，充分利用低品位余热，提高燃机机组做功效率和燃烧稳定性的同时，减小蒸汽循环效率下降的影响，从而实现全负荷运行区间大幅度提升联合循环整体效率。通过设置汽水循环的汽水回热系统，提高了热力循环的平均吸热温度，提高了蒸汽循环效率的同时，调节烟气余热热量，使其最大程度满足燃机机组热力系统的要求；充分利用余热锅炉的烟气余热，使进入燃机机组的燃料和空气根据燃机机组的运行工况得到最佳的温度，从而提高燃气蒸汽联合循环整体效率；通过在余热锅炉尾部设置余热换热器，避免从原汽水循环中抽取可以产生过热蒸汽的高温饱和水，在提高燃气循环的效率基础上保证原有汽水循环可以生产足够的过热蒸汽量以进入蒸汽轮机，从而整体提高了燃气蒸汽联合效率；燃机机组的燃料系统和蒸汽轮机的汽水回热系统互相不耦合干扰，即使燃料泄漏也不会进入到蒸汽轮机的蒸汽循环中，运行安全可靠；降低余热锅炉的排烟温度，减少锅炉排烟损失，提高余热锅炉换热效率，通过降低余热锅炉的排烟温度还可减少排放至大气的热污染，同时具有较好的社会效益；

通过余热锅炉尾部的余热换热器和燃机机组的燃料系统或者进气系统间的除盐水介质形成闭式循环，无汽水损失，节水节能；系统通过多个调节阀灵活控制运行，集成进气加热和燃料加热双系统，集成度高，管路系统简单；系统适用工况范围广泛，可以在任何工况宽负荷高效运行；系统中的所有换热器均为低压力等级，系统简单，运行可靠性高，系统造价较低；符合国家推行的深度节能政策，利用本实用新型可以使电厂投资和运营方较易实现节能目标，在电力市场中更具竞争力和生命力。

[0051] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

[0052] 以上所述实施例仅表达了本实用新型的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对实用新型专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本实用新型构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本实用新型的保护范围。因此，本实用新型专利的保护范围应以所附权利要求为准。

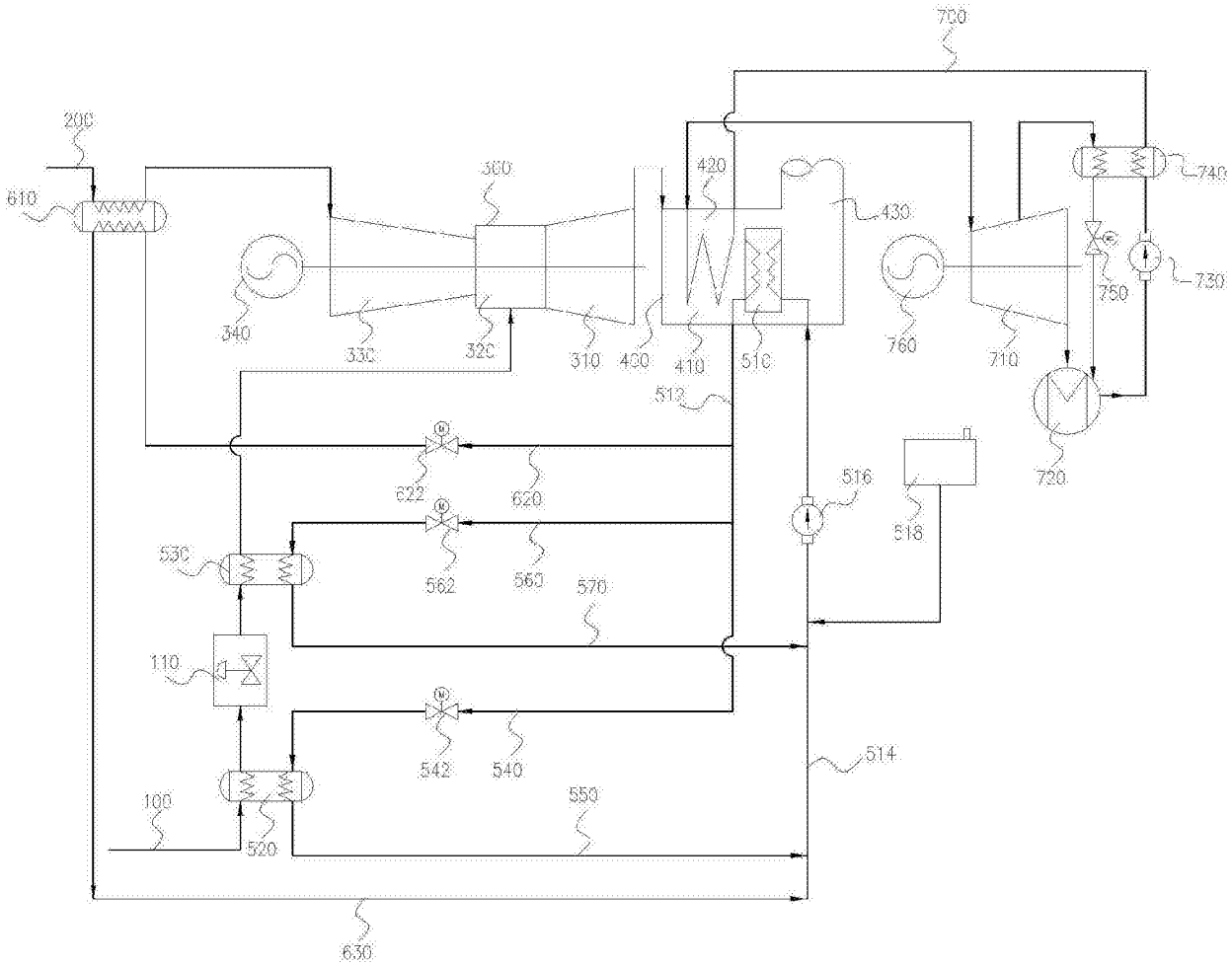

700
200
610
300
420
740
430
340
330
320
310
400
410
510
760
710
750
730
512
720
622
620
516
518
530
562
560
570
110
542
540
514
100
520
550
630

图1