(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 211737297 U
(45)授权公告日 2020.10.23

(21)申请号 202020222815.5

(22)申请日 2020.02.27

(73)专利权人 中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司
地址 102209 北京市昌平区未来科技城华能人才创新创业基地实验楼A楼

(72)发明人 周贤 彭烁 钟迪 王保民 许世森 姚国鹏

(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 贺小停

(51)Int.Cl.
*F02C 6/00*(2006.01)
*F02C 6/18*(2006.01)
*F01K 11/02*(2006.01)
*F01D 15/10*(2006.01)
*F23J 15/06*(2006.01)
*F28B 9/08*(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

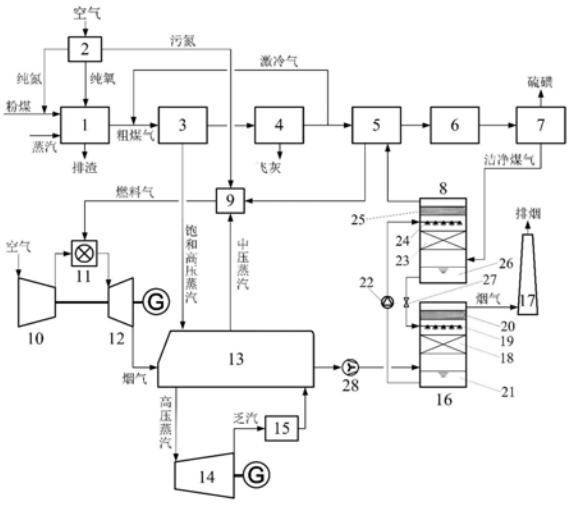
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)实用新型名称

一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统

(57)摘要

本实用新型提供的一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统，在联合循环余热锅炉尾部设置冷凝式换热器，采用中介水将烟气温度降低至露点温度以下，并由升温后的中介水在燃料气加湿器对燃料气加热加湿。该系统回收烟气低温余热和凝结水，减少稀释燃料气所需的中压蒸汽量，还可降低NOx排放量，提高系统供电效率，减小系统水耗。




CN 211737297 U

1.一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统,其特征在于,包括气化炉(1)、煤气冷却器(3)、除尘单元(4)、回热器(5)、低温余热回收单元(6)、脱硫与硫回收单元(7)、燃料气加湿器(8)、燃料气调制器(9)、燃气轮机燃烧室(11)、燃气透平(12)、余热锅炉(13)、汽轮机(14)、凝汽器(15)和直接接触式冷凝式换热器(16),其中,气化炉(1)上设置有粉煤入口、中压蒸汽入口和纯氧入口,所述气化炉(1)的粗煤气出口连接煤气冷却器(3)的入口,所述煤气冷却器(3)的饱和蒸汽出口连接余热锅炉(13)的入口;

所述煤气冷却器(3)的粗煤气出口连接除尘单元(4)的入口;所述除尘单元(4)的出口分为两路,一路与煤气冷却器(3)的粗煤气入口和气化炉(1)的粗煤气出口之间的连接管道连接;另一路和回热器(5)的入口连接;

所述回热器(5)的粗煤气出口依次连接低温余热回收单元(6)、脱硫与硫回收单元(7)和燃料气加湿器(8)的入口,所述燃料气加湿器(8)的低温洁净煤气出口连接回热器(5)的入口,回热器(5)的低温洁净出口连接燃料气调制器(9);

所述燃料气调制器(9)上设置有污氮入口和中压蒸汽入口;所述中压蒸汽入口与余热锅炉(13)上的中压蒸汽出口连接;所述燃料气调制器(9)的燃料气出口连接燃气轮机燃烧室(11)的入口;

所述燃气轮机燃烧室(11)上设置有高压空气入口;所述燃气轮机燃烧室(11)的高温高压的燃气出口连接燃气透平(12)的入口,所述燃气透平(12)驱动连接发电机;

燃气透平(12)的烟气出口连接余热锅炉(13)的入口,余热锅炉(13)的高温高压蒸汽出口连接汽轮机(14),所述汽轮机(14)驱动连接发电机;

所述汽轮机(14)的乏汽出口连接凝汽器(15)的入口,所述凝汽器(15)的冷凝水出口连接余热锅炉(13)的入口;

所述余热锅炉(13)的低温湿烟气出口连接直接接触式冷凝式换热器(16),所述直接接触式冷凝式换热器(16)上设置有低温干烟气出口。

2.根据权利要求1所述的一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统,其特征在于,还包括空分系统(2),所述空分系统(2)上设置有空气入口、纯氧出口、纯氮出口和污氮出口,其中,空分系统(2)上的纯氧出口和纯氮出口分别与气化炉(1)上的纯氧入口、纯氮入口连接;所述空分系统(2)上的污氮出口和燃料气调制器(9)上的污氮入口连接。

3.根据权利要求1所述的一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统,其特征在于,所述除尘单元(4)上设置有飞灰出口;所述气化炉(1)上设置有排渣口;所述脱硫与硫回收单元(7)上设置有硫磺排出口。

4.根据权利要求1所述的一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统,其特征在于,所述燃气轮机燃烧室(11)上的高压空气入口连接有燃气轮机压气机(10)。

5.根据权利要求1所述的一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统,其特征在于,所述直接接触式冷凝式换热器(16)的低温干烟气出口连接烟囱(17)。

6.根据权利要求1所述的一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统,其特征在于,所述燃料气加湿器(8)的内腔中自上至下依次设置有第二除雾器(25)、第二布液层(24)、第二填料层(23)和第二存液池(26),其中,所述燃料气加湿器(8)上的洁净煤气入口设置在第二填料层(23)和第二存液池(26)之间;所述燃料气加湿器(8)上的低温洁净煤气出口设置在第二除雾器(25)的上方;

所述第二布液层(24)上设置有中介水入口;所述第二存液池(26)上设置有中介水出口。

7.根据权利要求6所述的一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统,其特征在于,所述直接接触式冷凝式换热器(16)的内腔自上至下依次设置有第一除雾器(20)、第一布液层(19)、第一填料层(18)和第一存液层(21),其中,所述直接接触式冷凝式换热器(16)上的低温湿烟气入口设置在第一填料层(18)和第一存液层(21)之间;所述直接接触式冷凝式换热器(16)上的低温干烟气出口设置在第一除雾器(20)的上方;

所述第一布液层(19)上设置有中介水入口,所述中介水入口与第二存液池(26)上的中介水出口连接;所述第一存液层(21)上设置有中介水出口,该中介水出口与第二布液层(24)上的中介水入口连接。

8.根据权利要求7所述的一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统,其特征在于,所述第一布液层(19)的中介水入口和第二存液池(26)上的中介水出口之间设置有减压阀(27);所述第一存液层(21)的中介水出口和第二布液层(24)上的中介水入口之间设置有水泵(22)。

# 一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统

## 技术领域

[0001] 本实用新型属于火力发电节能减排领域，具体涉及一种利用烟气低温余热加湿燃料气的 IGCC发电系统。

## 背景技术

[0002] 现有煤基发电技术存在效率提升和$CO_2$减排的问题，亟需发展高效、清洁、$CO_2$近零排放的煤电技术。IGCC整体煤气化联合循环发电技术将清洁的煤气化技术与高效的联合循环发电技术结合，粉尘与$SO_2$排放可达近零排放，易于实现$CO_2$捕集，是未来煤基发电的重要技术路线之一。

[0003] IGCC烟气中含有大量的水蒸气，烟气中水蒸气的汽化潜热占煤炭发热量的相当大比例，目前的烟气潜热基本上都没有利用而直接排放到环境中。另外，烟气中的水蒸气直接排入大气，既造成水量损失，又形成白色烟羽现象，造成景观污染。深度回收利用包括水蒸气凝结潜热在内的烟气余热，对节省能源和减少污染物排放都有重要意义。烟气余热深度利用技术是在余热锅炉尾部烟道增设的冷凝式换热器，高湿度烟气在该换热器内与中介水高效换热，烟气迅速降温冷凝，脱除大部分水蒸气后，送入烟囱。与烟气换热的中介水升温后，可以为IGCC系统提供额外的热源。

[0004] 此外，IGCC的燃气轮机采用扩散燃烧方式，需要降低燃料气热值以控制热力型NOx排放浓度。降低燃料气热值的方法多为掺混氮气、水蒸气、$CO_2$等惰性气体，但获取这些惰性气体需要消耗较多的能量，不利于IGCC供电效率的提升。掺混水蒸气的燃料气燃烧形成的烟气在余热锅炉回收余热后，水蒸气还是气态便直接排入大气，还存在水量损失的问题。

## 发明内容

[0005] 本实用新型的目的在于提供一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统，解决了现有技术存在的上述不足。

[0006] 为了达到上述目的，本实用新型采用的技术方案是：

[0007] 本实用新型提供的一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统，包括气化炉、煤气冷却器、除尘单元、回热器、低温余热回收单元、脱硫与硫回收单元、燃料气加湿器、燃料气调制器、燃气轮机燃烧室、燃气透平、余热锅炉、汽轮机、凝汽器和直接接触式冷凝式换热器，其中，气化炉上设置有粉煤入口、中压蒸汽入口和纯氧入口，所述气化炉的粗煤气出口连接煤气冷却器的入口，所述煤气冷却器的饱和蒸汽出口连接余热锅炉的入口；

[0008] 所述煤气冷却器的粗煤气出口连接除尘单元的入口；所述除尘单元的出口分为两路，一路与煤气冷却器的粗煤气入口和气化炉的粗煤气出口之间的连接管道连接；另一路和回热器的入口连接；

[0009] 所述回热器的粗煤气出口依次连接低温余热回收单元、脱硫与硫回收单元和燃料气加湿器的入口，所述燃料气加湿器的低温洁净煤气出口连接回热器的入口，回热器的低温洁净出口连接燃料气调制器；

[0010] 所述燃料气调制器上设置有污氮入口和中压蒸汽入口;所述中压蒸汽入口与余热锅炉上的中压蒸汽出口连接;所述燃料气调制器的燃料气出口连接燃气轮机燃烧室的入口;

[0011] 所述燃气轮机燃烧室上设置有高压空气入口;所述燃气轮机燃烧室的高温高压的燃气出口连接燃气透平的入口,所述燃气透平驱动连接发电机;

[0012] 燃气透平的烟气出口连接余热锅炉的入口,余热锅炉的高温高压蒸汽出口连接汽轮机,所述汽轮机驱动连接发电机;

[0013] 所述汽轮机的乏汽出口连接凝汽器的入口,所述凝汽器的冷凝水出口连接余热锅炉的入口;

[0014] 所述余热锅炉的低温湿烟气出口连接直接接触式冷凝式换热器,所述直接接触式冷凝式换热器上设置有低温干烟气出口。

[0015] 优选地,还包括空分系统,所述空分系统上设置有空气入口、纯氧出口、纯氮出口和污氮出口,其中,空分系统上的纯氧出口和纯氮出口分别与气化炉上的纯氧入口、纯氮入口连接;所述空分系统上的污氮出口和燃料气调制器上的污氮入口连接。

[0016] 优选地,所述除尘单元上设置有飞灰出口;所述气化炉上设置有排渣口;所述脱硫与硫回收单元上设置有硫磺排出口。

[0017] 优选地,所述燃气轮机燃烧室上的高压空气入口连接有燃气轮机压气机。

[0018] 优选地,所述直接接触式冷凝式换热器的低温干烟气出口连接烟囱。

[0019] 优选地,所述燃料气加湿器的内腔中自上至下依次设置有第二除雾器、第二布液层、第二填料层和第二存液池,其中,所述燃料气加湿器上的洁净煤气入口设置在第二填料层和第二存液池之间;所述燃料气加湿器上的低温洁净煤气出口设置在第二除雾器的上方;

[0020] 所述第二布液层上设置有中介水入口;所述第二存液池上设置有中介水出口。

[0021] 优选地,所述直接接触式冷凝式换热器的内腔自上至下依次设置有第一除雾器、第一布液层、第一填料层和第一存液层,其中,所述直接接触式冷凝式换热器上的低温湿烟气入口设置在第一填料层和第一存液层之间;所述直接接触式冷凝式换热器上的低温干烟气出口设置在第一除雾器的上方;

[0022] 所述第一布液层上设置有中介水入口,所述中介水入口与第二存液池上的中介水出口连接;所述第一存液层上设置有中介水出口,该中介水出口与第二布液层上的中介水入口连接。

[0023] 优选地,所述第一布液层的中介水入口和第二存液池上的中介水出口之间设置有减压阀;所述第一存液层的中介水出口和第二布液层上的中介水入口之间设置有水泵。

[0024] 与现有技术相比,本实用新型的有益效果是:

[0025] 本实用新型提供的一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC发电系统,在联合循环余热锅炉尾部设置冷凝式换热器,采用中介水将烟气温度降低至露点温度以下,并由升温后的中介水在燃料气加湿器对燃料气加热加湿。该系统回收烟气低温余热和凝结水,减少稀释燃料气所需的中压蒸汽量,还可降低NOx排放量,提高系统供电效率,减小系统水耗。

[0026] 进一步的,在燃料气加湿器中,利用热水与燃料气直接接触,实现变温传热传质,过程㶲损失小,且设备结构简单,成本较低。

## 附图说明

[0027] 图1是本实用新型涉及的发电系统结构示意图。

## 具体实施方式

[0028] 下面结合附图，对本实用新型进一步详细说明。

[0029] 如图1所示，本实用新型提供的一种利用烟气低温余热加湿燃料气的IGCC系统，包括气化炉1、空分系统2、煤气冷却器3、除尘单元4、回热器5、低温余热回收单元6、脱硫与硫回收单元7、燃料气加湿器8、燃料气调制器9、燃气轮机压气机10、燃气轮机燃烧室11、燃气透平12、余热锅炉13、汽轮机14、凝汽器15、直接接触式冷凝式换热器16、烟囱17、第一填料层18、第一布液层19、第一除雾器20、第一存液池21、水泵22、第二填料层23、第二布液层24、第二除雾器25、第二存液池26、减压阀27和风机28，其中，气化炉1上设置有粉煤入口、中压蒸汽入口、纯氧入口和排渣口，所述空分系统2上设置有空气入口、纯氧出口、纯氮出口和污氮出口，所述空分系统2上的纯氧出口和气化炉1上的纯氧入口连接；所述空分系统2上的纯氮出口与气化炉1上的粉煤入口连接。

[0030] 所述气化炉1上的粗煤气出口连接煤气冷却器3的入口，所述煤气冷却器3的饱和蒸汽出口连接余热锅炉13的入口。

[0031] 所述煤气冷却器3的粗煤气出口连接除尘单元4的入口；所述除尘单元4的出口分为两路，一路与煤气冷却器3的粗煤气入口和气化炉1的粗煤气出口之间的连接管道连接；另一路和回热器5的入口连接。

[0032] 所述除尘单元4上设置有飞灰出口。

[0033] 所述回热器5的粗煤气出口连接低温余热回收单元6的入口，低温余热回收单元6的出口连接脱硫与硫回收单元7的入口，所述脱硫与硫回收单元7上设置有硫磺排出口和洁净煤气出口，所述脱硫与硫回收单元7的洁净煤气出口连接燃料气加湿器8的入口，所述燃料气加湿器 8的低温洁净煤气出口连接回热器5的入口，回热器5的低温洁净出口连接燃料气调制器9。

[0034] 所述燃料气调制器9上设置的污氮入口与空分系统2上的污氮出口连接；燃料气调制器9 上设置的中压蒸汽入口与余热锅炉13上的中压蒸汽出口连接；所述燃料气调制器9的燃料气出口连接燃气轮机燃烧室11的入口。

[0035] 所述燃气轮机燃烧室11上设置的高压空气入口与燃气轮机压气机10连接，所述燃气轮机压气机10上设置有空气入口。

[0036] 所述燃气轮机燃烧室11的高温高压的燃气出口连接燃气透平12的入口，所述燃气透平12 驱动连接发电机。

[0037] 燃气透平12的烟气出口连接余热锅炉13的入口，余热锅炉13的高温高压蒸气出口连接汽轮机14，所述汽轮机14驱动连接发电机。

[0038] 所述汽轮机14的乏汽出口连接凝汽器15的入口，所述凝汽器15的冷凝水出口连接余热锅炉13的入口。

[0039] 所述余热锅炉13的低温湿烟气出口通过风机28连接直接接触式冷凝式换热器16，所述直接接触式冷凝式换热器16的低温干烟气出口连接烟囱17。

[0040] 所述燃料气加湿器8的内腔中自上至下依次设置有第二除雾器25、第二布液层24、

第二填料层23和第二存液池26，其中，所述燃料气加湿器8上的洁净煤气入口设置在第二填料层23和第二存液池26之间；所述燃料气加湿器8上的低温洁净煤气出口设置在第二除雾器25 的上方。

[0041] 所述第二布液层24上设置有中介水入口；所述第二存液池26上设置有中介水出口。

[0042] 所述直接接触式冷凝式换热器16的内腔自上至下依次设置有第一除雾器20、第一布液层 19、第一填料层18和第一存液层21，其中，所述直接接触式冷凝式换热器16上的低温湿烟气入口设置在第一填料层18和第一存液层21之间；所述直接接触式冷凝式换热器16上的低温干烟气出口设置在第一除雾器20的上方。

[0043] 所述第一布液层19上设置有中介水入口，所述该中介水入口与第二存液池26上的中介水出口连接。

[0044] 所述第一布液层19的中介水入口和第二存液池26上的中介水出口之间设置有减压阀27。

[0045] 所述第一存液层21上设置有中介水出口，该中介水出口与第二布液层24上的中介水入口连接。

[0046] 所述第一存液层21的中介水出口和第二布液层24上的中介水入口之间设置有水泵22。

[0047] 该系统的工作流程：

[0048] 原煤经过预处理后成为煤粉由空分系统2产生的纯氮输送进入气化炉1，一股中压蒸汽作为气化反应的原料同时送入气化炉1，煤粉在气化炉1中与中压蒸汽、纯氧发生气化反应，生成粗煤气，气化过程产生的炉渣从气化炉1排出。

[0049] 生成的粗煤气进入煤气冷却器3中被冷却，同时产生饱和蒸汽，该饱和蒸汽被送到余热锅炉13继续过热后送入汽轮机14发电。

[0050] 通过煤气冷却器3冷却的粗煤气经过除尘单元4后，分为两股，一股作为激冷气返回至气化炉1出口，与高温粗煤气直接混合，使粗煤气初步降温，之后进入煤气冷却器3中；另一股依次通过回热器5与低温余热回收单元6后，送至脱硫与硫回收单元7，产生低温洁净干煤气与硫磺产品。

[0051] 低温洁净干煤气进入燃料气加湿器8内，分别经过第二填料层24、第二布液层24、第二除雾器25，在此过程中，低温洁净干煤气与中介水发生变温传热传质过程，低温洁净干煤气被加热加湿，随后送入回热器5复热后，再送入燃料气调制器9，与空分系统2产生的污氮、余热锅炉13产生的中压蒸汽掺混后形成合格燃料气。

[0052] 合格燃料气与燃气轮机压气机10产生的高压空气在燃气轮机燃烧室11发生燃烧反应，产生高温高压的燃气，通入燃气透平12，带动发电机发电。

[0053] 燃气透平12排出的较高温度的烟气送入余热锅炉13，由余热锅炉13回收烟气余热，并生成高温高压蒸汽；该股高温高压蒸汽送入汽轮机14，并带动发电机，输出电能。

[0054] 所述汽轮机14排出的乏汽送入凝汽器15，在凝汽器15形成冷凝水，随后送入余热锅炉 13继续回收烟气余热。

[0055] 余热锅炉13出口的较低温度的烟气通过风机28送入直接接触式冷凝式换热器16，烟气在直接接触式冷凝式换热器16内，分别经过第一填料层18、第一布液层19、第一除雾器

20,在此过程中,烟气降温减湿,随后排入烟囱17。

[0056] 中介水升温后在第一存液池21收集,并由水泵22送入燃料气加湿器8,中介水与低温洁净干煤气发生变温传热传质过程后降温,在第二存液池26收集,并通过减压阀27送入直接接触式冷凝式换热器16,形成中介水循环。

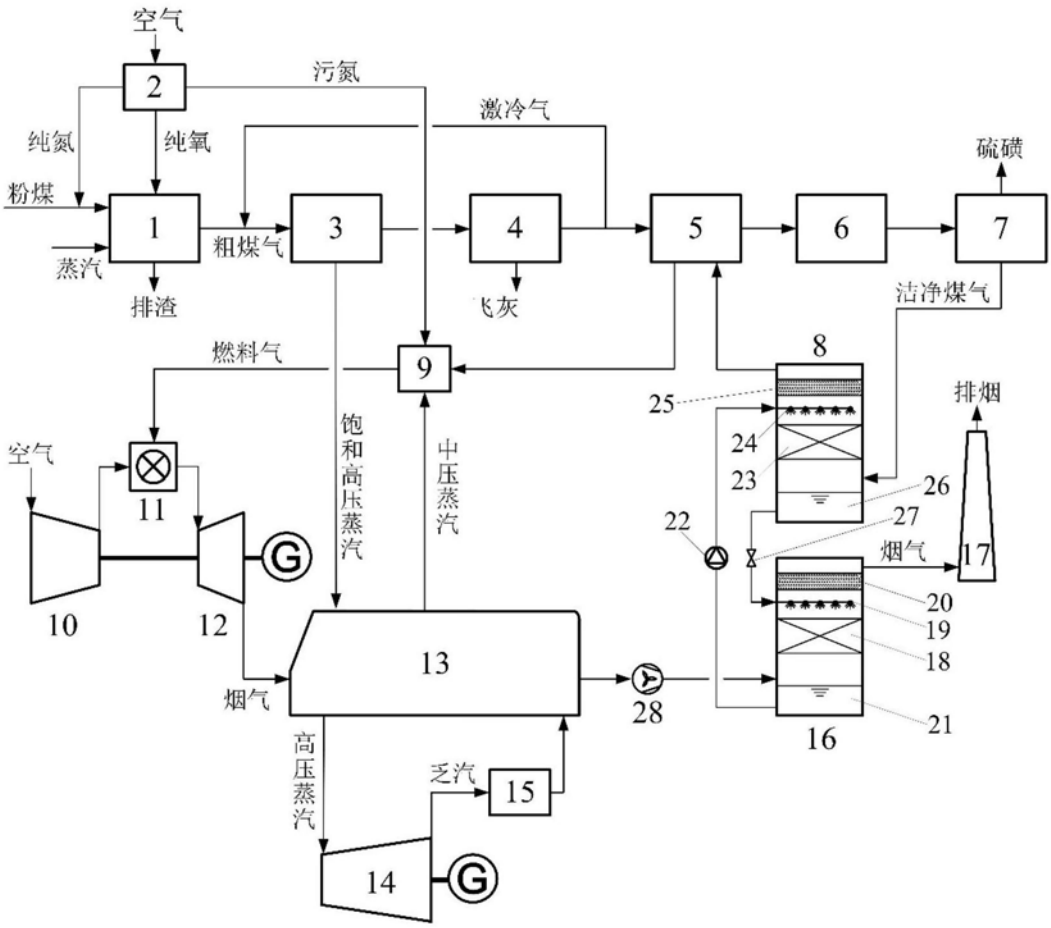

空气
2
污氮
激冷气
纯氮
纯氧
硫磺
粉煤
1
3
4
5
6
7
蒸汽
粗煤气
排渣
飞灰
洁净煤气
燃料气
9
8
25
排烟
空气
饱和高压蒸汽
中压蒸汽
24
23
26
27
22
烟气
17
11
20
19
18
10
12
13
烟气
28
16
21
高压蒸汽
乏汽
15
14

图1