(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109668165 A
(43)申请公布日 2019.04.23

(21)申请号 201910112515.3

(22)申请日 2019.02.12

(71)申请人 中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司
地址 200001 上海市黄浦区河南中路99号2-6层

(72)发明人 顾欣 胡忠霞 施刚夜 申松林 邓文祥 林磊 张未国 侯新建

(74)专利代理机构 北京超凡志成知识产权代理事务所(普通合伙) 11371
代理人 李双艳

(51)Int.Cl.
F23J 15/06(2006.01)
F23J 15/02(2006.01)
F23L 15/04(2006.01)
F22B 1/18(2006.01)
F01K 27/00(2006.01)

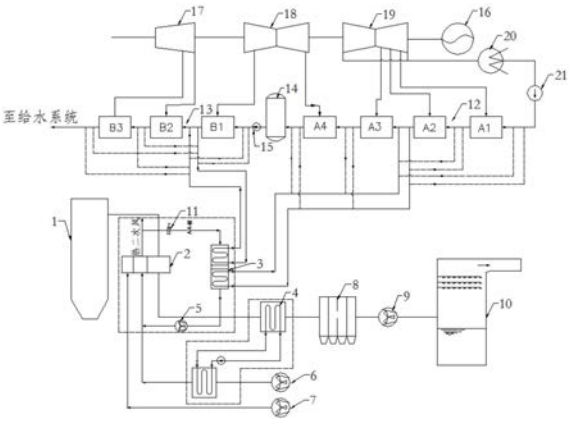
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

热二次风及烟气余热利用系统和火力发电机组

(57)摘要

本发明属于烟气余热利用技术领域,涉及一种热二次风及烟气余热利用系统和火力发电机组。本发明的热二次风及烟气余热利用系统,包括空气预热器、除尘器、吸收塔、热二次风－给水/凝结水换热器和烟气－空气换热器;空气预热器的热二次风出口连接热二次风旁路,热二次风旁路与热二次风－给水/凝结水换热器连接,利用热二次风来加热给水/凝结水;烟气－空气换热器布置在除尘器的入口处,利用除尘器入口的低温烟气来加热冷风;或者,烟气－空气换热器布置在吸收塔的入口处,利用吸收塔入口的低温烟气来加热冷风。本发明烟气余热利用率高,具有清洁、无磨损、无腐蚀等特点,无需设置吹灰系统,设备成本低,运行安全可靠。



CN 109668165 A

1.一种热二次风及烟气余热利用系统，其特征在于，所述系统包括空气预热器、除尘器、吸收塔、热二次风－给水/凝结水换热器和烟气－空气换热器；

所述空气预热器的热二次风出口连接热二次风旁路，所述热二次风旁路与所述热二次风－给水/凝结水换热器连接，利用热二次风来加热给水/凝结水；

所述烟气－空气换热器布置在所述除尘器的入口处，利用除尘器入口的低温烟气来加热冷风；或者，

所述烟气－空气换热器布置在所述吸收塔的入口处，利用吸收塔入口的低温烟气来加热冷风。

2.根据权利要求1所述的热二次风及烟气余热利用系统，其特征在于，所述空气预热器设有烟气入口、一次冷风入口、二次冷风入口、烟气出口和热二次风出口；

所述烟气入口与锅炉炉膛的烟气出口连接，所述烟气出口与烟气－空气换热器的入口连接，或者，所述烟气出口与除尘器的入口连接；

所述一次冷风入口与一次风机连接；

所述二次冷风入口与热二次风－给水/凝结水换热器的出口和/或烟气－空气换热器的出口连接；

所述热二次风出口通过热二次风旁路与所述热二次风－给水/凝结水换热器的入口连接。

3.根据权利要求2所述的热二次风及烟气余热利用系统，其特征在于，所述热二次风－给水/凝结水换热器的出口连接管路上设置有旁路二次风机；

所述烟气－空气换热器与送风机连接，空气被所述烟气－空气换热器加热后经烟气－空气换热器的出口排出，再与旁路二次风机引出的旁路二次风混合通过空气预热器的二次冷风入口进入至空气预热器中。

4.根据权利要求1所述的热二次风及烟气余热利用系统，其特征在于，所述热二次风－给水/凝结水换热器中的换热介质包括给水和/或凝结水，所述给水和/或凝结水为汽轮机热力系统中的给水和/或凝结水。

5.根据权利要求4所述的热二次风及烟气余热利用系统，其特征在于，所述给水来源于汽轮机给水系统的某一级高压加热器出口或者若干级高压加热器出口的汇总；

和/或，所述凝结水来源于汽轮机凝结水系统的某一级低压加热器出口或者若干级低压加热器出口的汇总。

6.根据权利要求4所述的热二次风及烟气余热利用系统，其特征在于，所述给水流量为全流量或者部分流量，所述给水为全流量时，热二次风－给水/凝结水换热器与高压加热器串联，所述给水为部分流量时，热二次风－给水/凝结水换热器与高压加热器并联；

和/或，所述凝结水为全流量或者部分流量，所述凝结水为全流量时，热二次风－给水/凝结水换热器与低压加热器串联，所述凝结水为部分流量时，热二次风－给水/凝结水换热器与低压加热器并联。

7.根据权利要求1所述的热二次风及烟气余热利用系统，其特征在于，所述烟气－空气换热器内设有中间介质，所述低温烟气和空气通过中间介质来进行换热。

8.根据权利要求1所述的热二次风及烟气余热利用系统，其特征在于，所述热二次风－给水/凝结水换热器为热管式换热器或表面式换热器；

和/或,所述烟气－空气换热器为热管式换热器或表面式换热器。

9.根据权利要求1～8任一项所述的热二次风及烟气余热利用系统,其特征在于,所述热二次风旁路上设置有热二次风风量调节装置和/或热二次风温度调节装置;

优选地,所述系统还包括引风装置,所述引风装置设置在所述除尘器和所述吸收塔之间。

10.一种火力发电机组,其特征在于,包括权利要求1～9任一项所述的热二次风及烟气余热利用系统。

热二次风及烟气余热利用系统和火力发电机组

技术领域

[0001] 本发明属于烟气余热利用技术领域，具体而言，涉及一种热二次风及烟气余热利用系统和火力发电机组。

背景技术

[0002] 目前，我国发电形式仍以煤电为主，煤电作为我国电力生产的主体，依然有很大的发展空间。煤炭是我国较大的二氧化碳排放源，煤电企业是较大的二氧化碳排放企业。目前，最有效、最现实的减排方法就是提高发电效率，因此高效、清洁的煤电技术是未来发展的主要方向。污染物的排放量与火电厂的煤耗量相关，在降低火电厂煤耗量的同时减少火电厂向大气中污染物的排放量是一项有前景的技术。并且随着环保要求的提高，如何进一步提高机组效率，降低能耗，从而降低污染物排放是我们面临的一项重要课题。

[0003] 一般而言，提高机组效率，降低能耗主要可从提高蒸汽参数和降低热损失两方面着手。(一)提高蒸汽参数，包括提高蒸汽的压力和温度。火力发电厂的蒸汽参数逐渐从亚临界参数提高到超临界参数，进一步提高到超超临界参数。近年来，超超临界二次再热技术已成为国内重点发展的产品。二次再热机组不但可使电站机组获得较高的经济性，而且可使机组具有较好的环保效果，是一种成熟、高效、低污染的燃煤发电技术。随着火力发电厂蒸汽温度和压力的提高，汽轮机的效率将提高，热耗下降，可提高整个火力发电系统的效率，降低煤耗。(二)降低热损失，包括降低汽轮机排汽参数和锅炉排烟热损失。受电厂的循环冷却水温度影响，排汽参数下降的幅度是有限的。锅炉排烟热损失是锅炉运行中最重要的一项热损失，一般约占5%～12%，占锅炉热损失的60～70%，影响排烟热损失的主要因素是排烟温度。一般根据锅炉形式和燃煤种类的不同，其排烟温度一般在110℃～170℃之间，因此降低排烟温度对于节约耗煤量和降低污染物具有重要的意义。

[0004] 烟气余热利用系统是减少发电厂烟气排放热损失，实现烟气余热利用的一种有效手段。烟气余热一般通过烟气换热器将烟气中的热量置换给别的介质以加以利用。例如，现有的一种高效置换式烟气余热利用系统，即空预器旁路的省煤器系统，设置空预器旁路烟道，利用较高温度的烟气来加热汽轮机较高温度的凝结水或者给水，获得较高的发电效益并降低进入吸收塔的烟气温度。现有的空预器旁路的省煤器系统，可以将锅炉烟气余热高效利用，但由于旁路的烟气含尘量较高，并具有一定的腐蚀性，导致烟气换热器需考虑防磨、防腐蚀问题，存在一定风险，并需设置复杂的吹灰系统和设备，设备造价较高，系统相对复杂，烟气换热器容易磨损，影响机组安全运行。

[0005] 鉴于此，特提出本发明。

发明内容

[0006] 本发明的第一目的在于提供一种热二次风及烟气余热利用系统，烟气余热利用率高，具有清洁、无磨损、无腐蚀等特点，无需设置吹灰系统，设备成本低，运行安全可靠，能够克服上述问题或者至少部分地解决上述技术问题。

[0007] 本发明的第二目的在于提供一种火力发电机组，该火力发电机组包括上述的热二次风及烟气余热利用系统，具有机组效率高，能耗低，烟气余热利用率高，降低了污染物排放和节约了设备成本等特点。

[0008] 为实现上述目的，本发明采用的技术方案为：

[0009] 根据本发明的一个方面，本发明提供一种热二次风及烟气余热利用系统，所述系统包括空气预热器、除尘器、吸收塔、热二次风－给水/凝结水换热器和烟气－空气换热器；

[0010] 所述空气预热器的热二次风出口连接热二次风旁路，所述热二次风旁路与所述热二次风－给水/凝结水换热器连接，利用热二次风来加热给水/凝结水；

[0011] 所述烟气－空气换热器布置在所述除尘器的入口处，利用除尘器入口的低温烟气来加热冷风；或者，

[0012] 所述烟气－空气换热器布置在所述吸收塔的入口处，利用吸收塔入口的低温烟气来加热冷风。

[0013] 作为进一步优选技术方案，所述空气预热器设有烟气入口、一次冷风入口、二次冷风入口、烟气出口和热二次风出口；

[0014] 所述烟气入口与锅炉炉膛的烟气出口连接，所述烟气出口与烟气－空气换热器的入口连接，或者，所述烟气出口与除尘器的入口连接；

[0015] 所述一次冷风入口与一次风机连接；

[0016] 所述二次冷风入口与热二次风－给水/凝结水换热器的出口和/或烟气－空气换热器的出口连接；

[0017] 所述热二次风出口通过热二次风旁路与所述热二次风－给水/凝结水换热器的入口连接。

[0018] 作为进一步优选技术方案，所述热二次风－给水/凝结水换热器的出口连接管路上设置有旁路二次风机；

[0019] 所述烟气－空气换热器与送风机连接，空气被所述烟气－空气换热器加热后经烟气－空气换热器的出口排出，再与旁路二次风机引出的旁路二次风混合通过空气预热器的二次冷风入口进入至空气预热器中。

[0020] 作为进一步优选技术方案，所述热二次风－给水/凝结水换热器中的换热介质包括给水和/或凝结水，所述给水和/或凝结水为汽轮机热力系统中的给水和/或凝结水。

[0021] 作为进一步优选技术方案，所述给水来源于汽轮机给水系统的某一级高压加热器出口或者若干级高压加热器出口的汇总；

[0022] 和/或，所述凝结水来源于汽轮机凝结水系统的某一级低压加热器出口或者若干级低压加热器出口的汇总。

[0023] 作为进一步优选技术方案，所述给水流量为全流量或者部分流量，所述给水为全流量时，热二次风－给水/凝结水换热器与高压加热器串联，所述给水为部分流量时，热二次风－给水/凝结水换热器与高压加热器并联；

[0024] 和/或，所述凝结水为全流量或者部分流量，所述凝结水为全流量时，热二次风－给水/凝结水换热器与低压加热器串联，所述凝结水为部分流量时，热二次风－给水/凝结水换热器与低压加热器并联。

[0025] 作为进一步优选技术方案，所述烟气－空气换热器内设有中间介质，所述低温烟

气和空气通过中间介质来进行换热。

[0026] 作为进一步优选技术方案，所述热二次风－给水/凝结水换热器为热管式换热器或表面式换热器；

[0027] 和/或，所述烟气－空气换热器为热管式换热器或表面式换热器。

[0028] 作为进一步优选技术方案，所述热二次风旁路上设置有热二次风风量调节装置和/或热二次风温度调节装置；

[0029] 优选地，所述系统还包括引风装置，所述引风装置设置在所述除尘器和所述吸收塔之间。

[0030] 根据本发明的另一个方面，本发明还提供一种火力发电机组，包括以上所述的热二次风及烟气余热利用系统。

[0031] 与现有技术相比，本发明的有益效果在于：

[0032] 1、本发明提供的热二次风及烟气余热利用系统，充分利用空气预热器出口的低温烟气来加热冷风，并利用空气预热器置换出来高温的热二次风来加热汽轮机系统较高温度的凝结水和/或给水，减少了较高温度的给水和凝结水需要的较高品质的蒸汽，烟气余热利用率高。此外，由于采用旁路热二次风加热给水和凝结水，具有清洁、无磨损、无腐蚀等特点，无需设置吹灰系统，换热器材料不需要考虑抗磨损和抗腐蚀，极大的节省了设备成本。

[0033] 2、本发明采用了热二次风旁路高效置换式烟气余热利用系统，设置热二次风旁路风道，利用较高温度的热二次风来加热汽轮机较高温度的给水和凝结水，减少了较高温度的给水和凝结水需要的较高品质的蒸汽，获得较高的发电效益。此外，由于设置了热二次旁路风道，进入空气预热器的二次风量增加，为保证空气预热器出口风温不降低或略有升高，提高锅炉效率，因此设置烟气－空气换热器来加热冷二次风，降低锅炉出口的烟气温度，将热量置换给热二次风。其中的烟气－空气换热器可布置在除尘器的入口处，也可布置在吸收塔的入口处。

[0034] 3、采用本发明的系统后，利用低温烟气来加热冷二次风，利用置换出的高温的二次风来加热汽轮机系统较高温度的给水和凝结水，排挤用来加热给水和凝结水的较高品质的蒸汽，上述蒸汽具有较好的做功发电能力，因此该系统可大幅降低火电机组(火力发电机组)的煤耗量、并提高烟气净化设备的效率，减少烟气脱硫塔的水耗，减少污染物的排放量。

附图说明

[0035] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案，下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施方式，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。

[0036] 图1为现有技术中的一种多级高效置换式的烟气余热利用系统结构示意图；

[0037] 图2为本发明实施例提供的一种热二次风及烟气余热利用系统结构示意图；

[0038] 图3为本发明实施例提供的另一种热二次风及烟气余热利用系统结构示意图。

[0039] 图标：1－锅炉；2－空气预热器；3－热二次风－给水/凝结水换热器；4－烟气－空气换热器；5－旁路二次风机；6－送风机；7－一次风机；8－除尘器；9－引风装置；10－吸收塔；11－调节挡板门；12－低压加热器；13－高压加热器；14－除氧器；15－给水泵；16－发

电机;17－汽轮机高压缸;18－汽轮机中压缸;19－汽轮机低压缸;20－凝汽器;21－凝结水泵;A1－NO^{i+1}级低加;A2－NO^{i}级低加;A3－NO^{i+1}级低加;A4－NO^{i-2}级低加;B1－NO^{i+1}级高加;B2－NO^{i}级高加;B3－NO^{i-1}级高加。

具体实施方式

[0040] 下面将结合实施方式和实施例对本发明的实施方案进行详细描述,但是本领域技术人员将会理解,下列实施方式和实施例仅用于说明本发明,而不应视为限制本发明的范围。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。未注明具体条件者,按照常规条件或制造商建议的条件进行。

[0041] 第一方面,在至少一个实施例中提供一种热二次风及烟气余热利用系统,所述系统包括空气预热器、除尘器、吸收塔、热二次风－给水/凝结水换热器和烟气－空气换热器;

[0042] 所述空气预热器的热二次风出口连接热二次风旁路,所述热二次风旁路与所述热二次风－给水/凝结水换热器连接,利用热二次风来加热给水/凝结水;

[0043] 所述烟气－空气换热器布置在所述除尘器的入口处,利用除尘器入口的低温烟气来加热冷风;或者,

[0044] 所述烟气－空气换热器布置在所述吸收塔的入口处,利用吸收塔入口的低温烟气来加热冷风。

[0045] 需要说明的是:

[0046] 本文中,对于空气预热器(简称为空预器)的具体类型没有特殊限制,只要不对本发明的目的产生限制即可;例如可采用本领域熟知的管式预热器、回转式预热器等。

[0047] 本文中,对于除尘器、吸收塔的具体类型也没有特殊限制,只要不对本发明的目的产生限制即可;例如可以采用本领域熟知的布袋除尘设备、静电除尘设备等。

[0048] 本文中,热二次风－给水/凝结水换热器可以为一个换热器,也可以为串联、并联、串并联的若干个换热器。

[0049] 此外,“热二次风－给水/凝结水换热器”是指,用于热二次风与给水/凝结水换热的设备,其中,“给水/凝结水”是指给水、凝结水或给水和凝结水。即,该换热器可以为用于热二次风与给水换热的设置,可以为用于热二次风与凝结水换热的设备,也可以为用于热二次风与给水和凝结水换热的设备。

[0050] 本文中,烟气－空气换热器可以为一个换热器,也可以为串联、并联、串并联的若干个换热器。

[0051] 此外,“烟气－空气换热器”是指,用于烟气与空气(也可称为冷风)换热的设备。

[0052] 本文中,锅炉主要包括锅炉装置,对于锅炉装置没有具体限制,只要不对本发明的目的产生限制即可;例如可采用本领域熟知的π型锅炉、塔式锅炉等。

[0053] 本文中,对于各风机或引风装置没有具体限制,可采用本领域熟知的类型,例如离心式风机、轴流式风机等,只要不对本发明的目的产生限制即可。

[0054] 除非另有定义或说明,本文中所用的专业与科学术语与本领域熟练人员所熟悉的意义相同。

[0055] 根据本发明,按照烟气流通方向,该系统包括依次串联连接的空气预热器、除尘器

和吸收塔，该系统还包括热二次风－给水/凝结水换热器和烟气－空气换热器；其中，空气预热器设有热二次风出口，热二次风出口与热二次风旁路连接，热二次风旁路与热二次风－给水/凝结水换热器连接，进而利用置换出来的热二次风来加热给水/凝结水；在除尘器的入口或吸收塔的入口处设置烟气－空气换热器，进而利用置换出来的低温烟气来加热冷风。

[0056] 现有的空预器旁路的省煤器系统，例如公开号为CN202177093U的专利公开了一种多级高效置换式的烟气余热利用系统，如附图1所示，设置空预器旁路烟道，利用较高温度的烟气来加热汽轮机较高温度的凝结水或者给水，获得较高的发电效益并降低进入吸收塔的烟气温度。

[0057] 参照附图1，虽然该空预器旁路的烟气－凝结水(给水)换热可以获得较高的烟气余热利用率，而由于热二次风温度与空预器入口的烟气温度相差不大，可以加热较高品质的给水或凝结水，因此采用热二次风－给水/凝结水换热可以获得与旁路烟气系统相当的烟气余热利用率。但是，由于旁路烟道中含尘量较高，并且具有硫化物等腐蚀物质，需考虑防磨和防腐蚀问题，存在一定风险，还存在成本高、系统复杂等问题。鉴于此，本发明创造性的提供一种热二次风及烟气余热利用系统，利用烟气余热置换出热二次风的热量去加热给水和凝结水，以缓解上述问题。

[0058] 与现有技术相比，本发明提出的热二次风及烟气余热利用系统主要具有以下特点：

[0059] (1)利用置换出来的热二次风来加热给水和凝结水，热二次风清洁，没有粉尘，换热器设备不需考虑磨损和腐蚀问题，因此材料选择范围广，管子壁厚小，设备成本低。

[0060] (2)空预器旁路的烟气－给水+凝结水换热虽然在高于烟气酸露点的工况下运行，但由于烟气含尘量较高，换热器需考虑防磨措施，并需设置吹灰系统。而本发明由于采用热二次风－给水/凝结水换热，换热器不存在磨损和腐蚀问题，不需设置吹灰系统，系统的运行控制方便，更有利于机组的安全运行。

[0061] (3)空预器的冷端腐蚀是火力发电厂机组运行中经常遇到的一个问题，国内多采用蒸汽暖风器或者热风再循环的方式予以解决，而上述方案均以提高排烟温度，即降低锅炉效率为代价。而本发明采用的烟气－空气的换热系统，提高了空预器的进风温度，完全避免了空预器的冷端腐蚀问题，同时提高了锅炉和机组的效率。

[0062] (4)机组变负荷运行时，凝结水温度变化，系统控制不需考虑换热器的腐蚀问题，运行控制简单方便。

[0063] 可以看出，本发明针对空预器旁路烟气的余热利用系统具有易磨损和腐蚀等特点，利用低温烟气加热冷风，置换出清洁的高温热二次风来加热汽轮机系统较高温度的给水和凝结水。采用上述系统后，既可最大限度地回收了烟气的余热，最高的效率予以发电，降低火电厂的煤耗，节约脱硫水耗，又可防止旁路烟道烟气对换热器设备的磨损和腐蚀，节约设备成本，系统简单，运行控制方便。

[0064] 在一种优选的实施方式中，所述空气预热器设有烟气入口、一次冷风入口、二次冷风入口、烟气出口和热二次风出口；

[0065] 所述烟气入口与锅炉炉膛的烟气出口连接，所述烟气出口与烟气－空气换热器的入口连接，或者，所述烟气出口与除尘器的入口连接；

[0066] 所述一次冷风入口与一次风机连接；

[0067] 所述二次冷风入口与热二次风－给水/凝结水换热器的出口和/或烟气－空气换热器的出口连接；

[0068] 所述热二次风出口通过热二次风旁路与所述热二次风－给水/凝结水换热器的入口连接。

[0069] 在一种优选的实施方式中，所述热二次风－给水/凝结水换热器的出口连接管路上设置有旁路二次风机；

[0070] 所述烟气－空气换热器与送风机连接，空气被所述烟气－空气换热器加热后经烟气－空气换热器的出口排出，再与旁路二次风机引出的旁路二次风混合通过空气预热器的二次冷风入口进入至空气预热器中。

[0071] 在一种优选的实施方式中，所述系统还包括引风装置，所述引风装置设置在所述除尘器和所述吸收塔之间。

[0072] 根据本发明，空气预热器设有烟气入口、一次冷风入口、二次冷风入口、烟气出口和热二次风出口；

[0073] 空气预热器的烟气入口与锅炉炉膛的烟气出口连接，空气预热器通过一次冷风入口与一次风机连接，空气预热器通过二次冷风入口与热二次风－给水/凝结水换热器的出口和/或烟气－空气换热器的出口连接，优选的，空气预热器通过二次冷风入口与热二次风－给水/凝结水换热器的出口和烟气－空气换热器的出口连接。进一步的讲：热二次风－给水/凝结水换热器的气体出口管路上设置有旁路二次风机，送风机与烟气－空气换热器连接，为该换热器提供冷风，旁路二次风机引出的放热后的二次风与送风机出口的(吸热后的)二次风混合，然后通过空气预热器的二次冷风入口至空气预热器中。经过空气预热器加热后形成二次热风，二次热风部分被引入到炉膛，部分被抽出用以加热给水和凝结水。

[0074] 空气预热器的热二次风出口通过热二次风旁路与热二次风－给水/凝结水换热器的入口连接，在该换热器中，热二次风与给水和/或凝结水进行换热，热二次风进行放热，给水和/或凝结水进行吸热，其中的给水和/或凝结水为汽轮机热力系统中的给水和/或凝结水。进一步的，给水来源于汽轮机给水系统的某一级高压加热器出口或者若干级高压加热器出口的汇总；所述凝结水来源于汽轮机凝结水系统的某一级低压加热器出口或者若干级低压加热器出口的汇总。

[0075] 给水换热器可以全流量给水与高压加热器串联，也可以部分流量给水与某几级高压加热器并联。

[0076] 凝结水换热器可以全流量凝结水与低压加热器串联，也可以部分流量凝结水与某几级低压加热器并联。

[0077] 给水和凝结水全流量时，通过汽轮机给水系统中的给水泵和凝结水系统中的凝结水泵克服烟气换热器及其进出口给水和凝结水管道的阻力。

[0078] 给水和凝结水部分流量时，通过核算给水和凝结水克服换热器以及管道的阻力，考虑是否需要为给水和凝结水增加泵将给水和凝结水回到汽轮机热力系统中。

[0079] 可以理解的是，上述“某一级”是指，多级低压加热器或多级高压加热器中的任意一级低压加热器或任意一级高压加热器；上述“某几级”或“若干级”是指，多级低压加热器或多级高压加热器中的任意几级低压加热器或任意几级高压加热器。

[0080] 需要说明的是，上述低压加热器、高压加热器的含义对于本领域技术人员是已知的，本发明对此没有特殊限制，也不再详细描述。

[0081] 汽轮机凝结水系统可以是汽轮机回热系统中的一部分，但并不限于此，例如还可以为邻机的汽轮机系统凝结水、热网水、电厂及其他生活用水等。

[0082] 根据本发明，空气预热器的烟气出口与烟气－空气换热器的烟气入口连接，从空气预热器出来的低温烟气进入至烟气－空气换热器中，在该换热器中，低温烟气与空气进行换热，低温烟气进行放热，空气(冷风)进行吸热。从该烟气－空气换热器出来的吸热后的冷风又进入空气预热器中，从该烟气－空气换热器出来的放热后的烟气则进入至除尘器中，再通过引风装置(引风机或增压风机)进入吸收塔。

[0083] 同样的，当烟气－空气换热器设置在吸收塔的入口时，从空气预热器的烟气出口出来的低温烟气经过除尘器和引风装置后，进入至烟气－空气换热器中，在该换热器中，低温烟气与空气进行换热，低温烟气进行放热，空气(冷风)进行吸热。从该烟气－空气换热器出来的吸热后的冷风又进入空气预热器中，从该烟气－空气换热器出来的放热后的烟气则直接进入吸收塔。

[0084] 在一种优选的实施方式中，所述烟气－空气换热器内设有中间介质，所述低温烟气和空气通过中间介质来进行换热。

[0085] 可以理解的是，该烟气－空气换热器为设有中间热媒的间热式换热器，低温烟气将热量传递给中间介质，中间介质再将热量传递给空气。中间介质优选为液态媒介，包括水或其他低沸点的液体，例如乙二醇等。

[0086] 在一种优选的实施方式中，所述热二次风－给水/凝结水换热器为热管式换热器或表面式换热器；

[0087] 和/或，所述烟气－空气换热器为热管式换热器或表面式换热器。

[0088] 需要说明的是，本发明对于热二次风－给水/凝结水换热和烟气－空气换热器的具体类型没有特殊限制，只要不对本发明的目的产生限制即可。例如二者各自独立地可以为热管式换热器或表面式换热器，也可以为板式换热器或回转式换热器等。

[0089] 在一种优选的实施方式中，所述热二次风旁路上设置有热二次风风量调节装置和/或热二次风温度调节装置。

[0090] 应当理解的是，在旁路热二次风道中设置风量调节装置，例如可设置调节挡板门，进而可以用于调节热二次风量，以控制空气预热器出口热二次风温和锅炉排烟温度。

[0091] 第二方面，在至少一个实施例中提供一种火力发电机组，包括上述的热二次风及烟气余热利用系统。

[0092] 根据本发明，该火力发电机组包括热二次风及烟气余热利用系统，还可包括锅炉、汽轮机、发电机等其他现有技术公知的设备，本发明对于其他的设备及连接关系不作特殊限制，该火力发电机组的核心在于包括了本发明的热二次风及烟气余热利用系统。

[0093] 可以理解的是，本发明的火力发电机组与上述的热二次风及烟气余热利用系统是基于同一发明构思的，因而至少具有与上述热二次风及烟气余热利用系统相同的优势，本发明在此不再赘述。

[0094] 下面结合具体实施例和附图，对本发明作进一步说明。

[0095] 实施例

[0096] 如图2和图3所示，一种热二次风及烟气余热利用系统，包括锅炉1、空气预热器2、热二次风－给水/凝结水换热器3、烟气－空气换热器4、旁路二次风机5、送风机6、一次风机7、除尘器8、引风装置9、吸收塔10以及低压加热器12和高压加热器13；

[0097] 其中，空气预热器2设有烟气入口、一次冷风入口、二次冷风入口、烟气出口和热二次风出口；空气预热器2的烟气入口与锅炉1炉膛的烟气出口连接，空气预热器2通过一次冷风入口与一次风机7连接，热二次风－给水/凝结水换热器3的气体出口管路上设置有旁路二次风机5，送风机6与烟气－空气换热器4连接，旁路二次风机5引出的放热后的二次风与送风机6出口的(吸热后的)二次风混合，然后通过管路与空气预热器2的二次冷风入口连接。

[0098] 空气预热器2的热二次风出口通过热二次风旁路与热二次风－给水/凝结水换热器3连接，在该换热器中，热二次风与给水和/或凝结水进行换热，热二次风进行放热，给水和/或凝结水进行吸热，其中的给水来源于汽轮机给水系统的某一级高压加热器13出口或者若干级高压加热器13出口的汇总；凝结水来源于汽轮机凝结水系统的某一级低压加热器12出口或者若干级低压加热器12出口的汇总。

[0099] 参照图2，空气预热器2的烟气出口与烟气－空气换热器4的烟气入口连接，在该换热器中，低温烟气与空气进行换热，低温烟气进行放热，空气(冷风)进行吸热。从该换热器出来的吸热后的冷风又进入空气预热器2中，从该换热器出来的放热后的烟气则进入至除尘器8中，再通过引风装置9进入吸收塔10。

[0100] 参照图3，空气预热器2的烟气出口与除尘器8连接，除尘器8与引风装置9连接，引风装置9出来的低温烟气进入至烟气－空气换热器4中，在该换热器中，低温烟气与空气进行换热，低温烟气进行放热，空气(冷风)进行吸热。从该换热器出来的吸热后的冷风又进入空气预热器2中，从该烟气－空气换热器4出来的放热后的烟气则直接进入吸收塔10。

[0101] 上述余热利用系统的工作原理包括：

[0102] 锅炉1燃烧需要的热二次风通过空气预热器2后，空气预热器2的热二次风出口的热二次风温度一般为330℃～350℃之间。上述系统的热力部分可分为两个互为补充的部分。第一部分为热二次风－给水/凝结水换热器3，抽取空气预热器2的热二次风出口的330℃～350℃旁路热二次风，以加热给水和凝结水，给水和凝结水侧吸热，放热后的二次风与送风机6出口的二次风混合进入空气预热器2，混合后的二次风温度约50℃～80℃左右，而旁路热二次风克服了空气预热器2和热二次风－给水/凝结水换热器3的阻力，需在该换热器的出口设置一台旁路二次风机5，提高压头后与送风机6出口的冷二次风混合返回至空气预热器2中。此外，旁路热二次风道中设有调节挡板门11，可以调节热二次风量，以控制空预器出口热二次风温和锅炉排烟温度。

[0103] 第二部分为烟气－空气换热器4，布置在除尘器8入口或吸收塔10入口，采用水或者其它介质作为换热中间介质。烟气侧放热给介质，介质吸热后再放热给空气。由于空气系统为大气环境吸风，温度同环境温度相当，因此可以将进入除尘器8或吸收塔10的烟气降低至较低的温度。空气被烟气－空气换热器4加热后，再与旁路二次风混合进入空气预热器2与烟气换热。由于热二次风部分旁路进入了热二次风－给水/凝结水换热器3，因此进入空气预热器2的热二次风量相对增加，空气预热器2中空气的吸热量增加，而烟气－空气换热器4中空气已经进行了吸热，能够弥补空预器中吸热不足的问题，保证热风温度不变甚至略

有提高(吸收塔中的烟气温度约50℃,图2中除尘器入口的烟气温度约85℃～95℃)。

[0104] 可以看出,本发明充分利用低温烟气来加热冷风,置换出的高温的热二次风来加热汽轮机系统较高温度的凝结水或给水,减少了较高温度的给水和凝结水需要的较高品质的蒸汽,烟气余热利用率较高。此外,由于旁路二次风加热给水和凝结水,二次风具有清洁,无磨损、无腐蚀等特点,无需设置吹灰系统,换热器材料不需考虑抗磨损和抗腐蚀,节约设备成本。

[0105] 此外,旁路热二次风比例、最终的排烟温度以及烟气换热器所需要的换热面积主要取决于如下因素:(1)引出点的给水和凝结水温度、流量;(2)空气预热器热二次风出口温度;(3)热二次风－给水/凝结水换热器和烟气－空气换热器系统的采购成本;(4)给水和凝结水温度的上升导致汽轮机抽汽减少而节约的汽轮发电机组能耗或可以多产生的电功率;(5)烟气换热器系统增加的烟气侧和凝结水侧的阻力导致的风机和凝结水泵电耗的增加;(6)旁路二次风机的电耗增加;(7)引风机电耗的变化;(8)脱硫系统节约的水耗带来的收益;(9)空气的吸风温度(环境温度);(10)除尘器和脱硫塔效率提高带来的收益;(11)其他因为设置了该方案而导致的电厂热力系统和烟风系统的设备配置和系统配置的变化。

[0106] 本实施例设置了热二次风旁路,利用低温烟气加热冷风,置换出的高温的热二次风来加热高温给水和凝结水;采用除尘器入口的低温烟气或采用吸收塔入口的低温烟气加热冷风。即,第一部分热二次风－给水/凝结水换热器布置在空气预热器的旁路二次风道上,加热给水和凝结水,第二部分烟气－空气换热器系统布置在除尘器入口或吸收塔入口,通过介质加热冷风。

[0107] 采用该系统后,利用低温烟气加热冷风,置换出的高温的热二次风来加热汽轮机系统较高温度的给水和凝结水,具有与旁路烟气的省煤器系统相当的烟气余热利用率,可大幅降低火电机组的煤耗量、提高烟气净化设备－－除尘器和吸收塔的效率,降低引风机的电耗、减少吸收塔的水耗、并减少粉尘和二氧化硫的排放量。另外与烟气旁路的高效置换烟气余热利用的系统相比,具有清洁、无磨损无腐蚀等优点,节约设备成本,系统简单,运行控制方便等特点。

[0108] 此外,本实施例的系统中还包括了汽轮机凝结水系统和汽轮机给水系统。其中的汽轮机凝结水系统和汽轮机给水系统可为电站锅炉中现有的系统。例如,包括发电机16、汽轮机高压缸17、汽轮机中压缸18、汽轮机低压缸19、凝汽器20、凝结水泵21、若干级低压加热器12、除氧器14、给水泵15和若干级高压加热器13。

[0109] 进一步的,给水换热器可以全流量给水与高压加热器串联,也可以部分流量给水与某几级高压加热器并联。凝结水换热器可以全流量凝结水与低压加热器串联,也可以部分流量凝结水与某几级低压加热器并联。给水和凝结水全流量时,通过汽轮机给水系统中的给水泵和凝结水系统中的凝结水泵克服烟气换热器及其进出口给水和凝结水管道的阻力。给水和凝结水部分流量时,通过核算给水和凝结水克服换热器以及管道的阻力,考虑是否需要为给水和凝结水增加泵将给水和凝结水回到汽轮机热力系统中。

[0110] 综上所述,本发明基于汽轮机热力循环基本原理,汽轮机给水和凝结水系统中的给水和凝结水冷却锅炉旁路的热二次风并被热二次风加热后返回汽轮机给水和凝结水系统中,由于给水和凝结水温度上升,排挤了部分加热器的抽汽,在汽轮机进汽量不变的情况下,被排挤的抽汽在汽轮机内膨胀做功,因此,在机组煤耗量不变的情况下增加了汽轮发电

机的发电量，同理，在汽轮发电机发电量不变的情况下，可节约机组的煤耗。本发明通过热二次风－给水/凝结水换热器和烟气－空气换热器充分利用了锅炉烟气中的热量。

[0111] 本发明采用除尘器入口或吸收塔入口低温烟气来加热冷风，温度升高后的冷风再通过空预器加热至燃烧需要的热风，由于热二次风旁路又回到空预器入口与送风机出口风量混合进入空预器，因此空预器中二次风风量增加。热二次风温很高，热二次风－给水/凝结水换热器可以加热较高温度的给水和凝结水，排挤的加热蒸汽品质越高，做功发电能力也越强，因此本发明可以大幅提高烟气余热的利用效率。

[0112] 本发明通过热二次风－给水/凝结水换热器的热二次风来加热给水和凝结水，不需考虑换热器防磨防腐问题，不需设置吹灰系统，设备投资低，系统简单，运行方便。

[0113] 当采用除尘器前的低温烟气来加热冷二次风时，可提高除尘器效率，降低引风机电耗，减少脱硫耗水；当采用脱硫吸收塔前低温烟气来加热冷二次风时，可降低进入脱硫吸收塔的烟气温度，减少脱硫吸收塔的水的蒸发量，降低脱硫系统的用水量，提高脱硫效率。因此本发明提高了烟气净化系统的效率，减少了污染物排放。

[0114] 最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

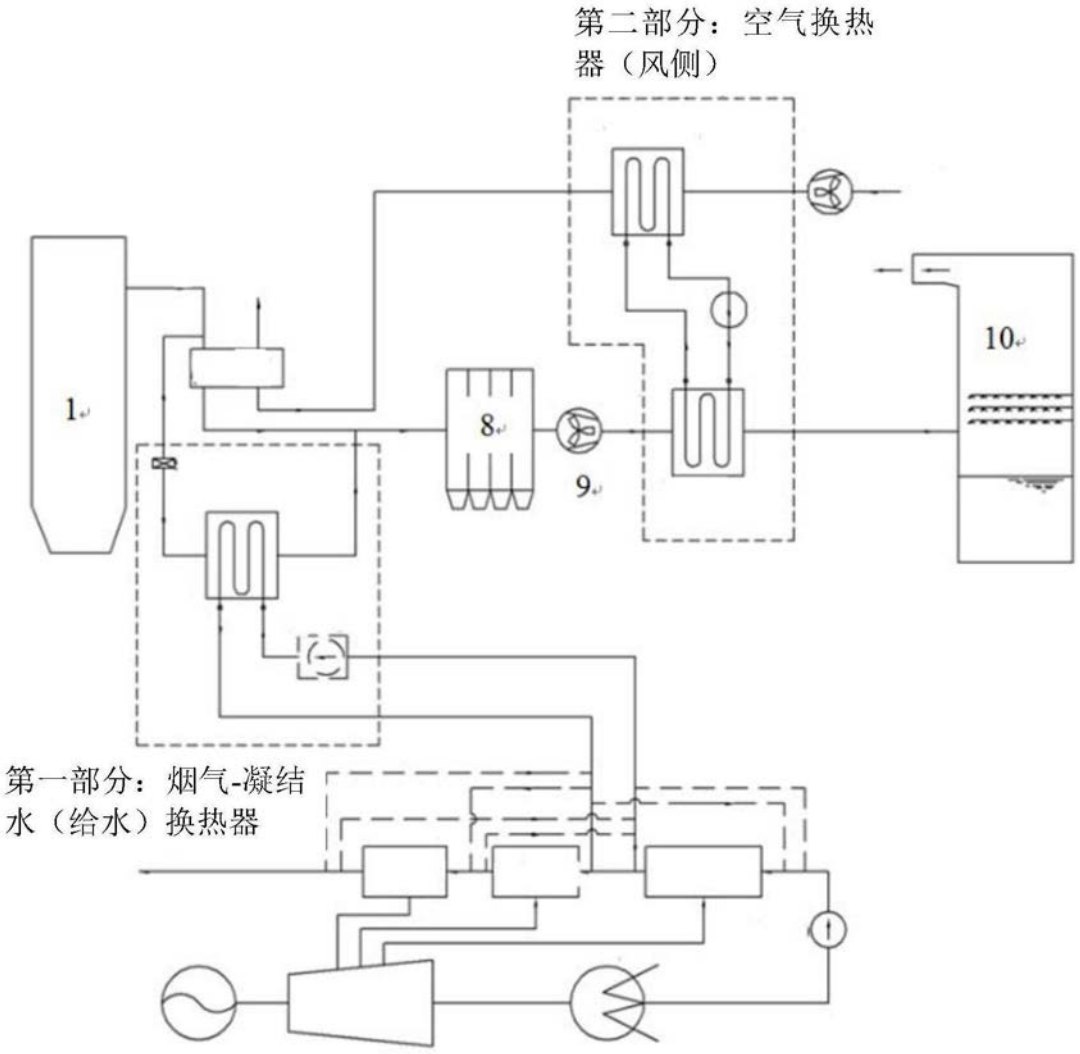


图1

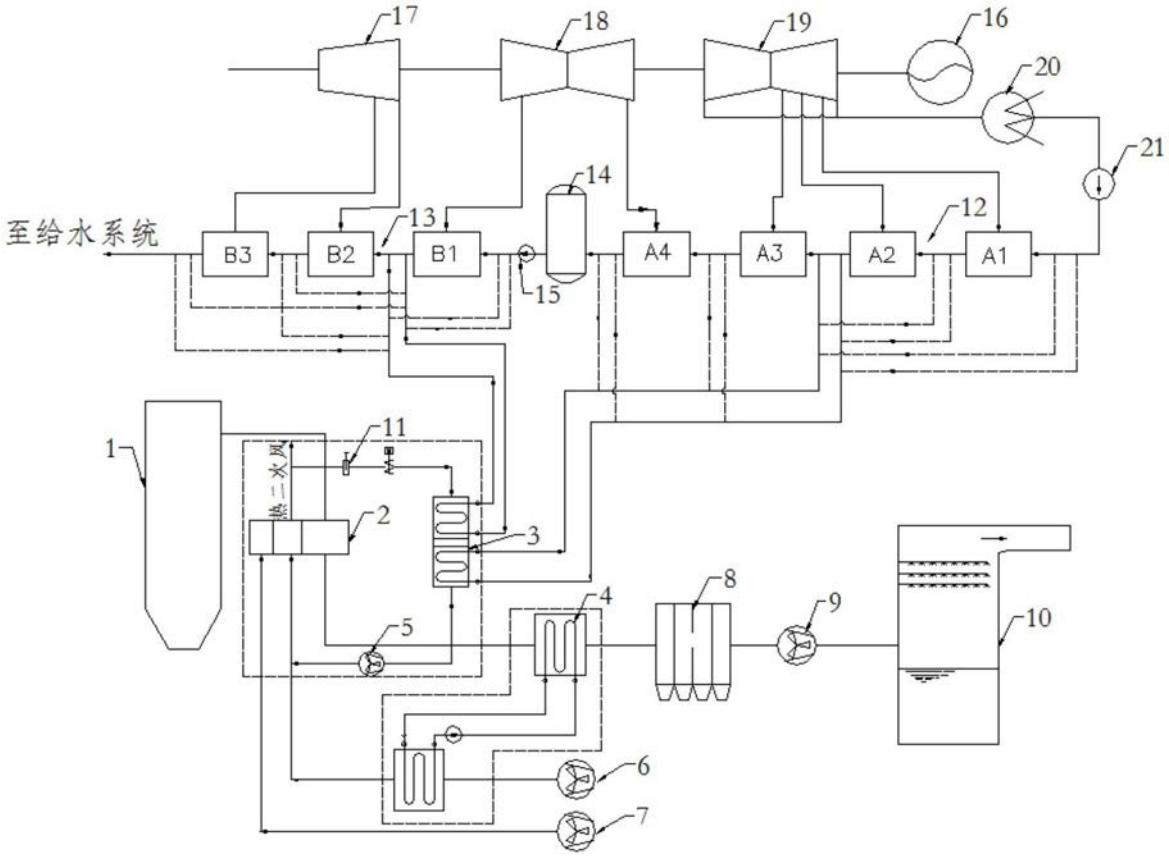

17
18
19
16
20
21
14
至给水系统
B3
B2
13
B1
15
A4
A3
12
A2
A1
1
11
热二次风
2
3
8
9
10
4
5
6
7

图2

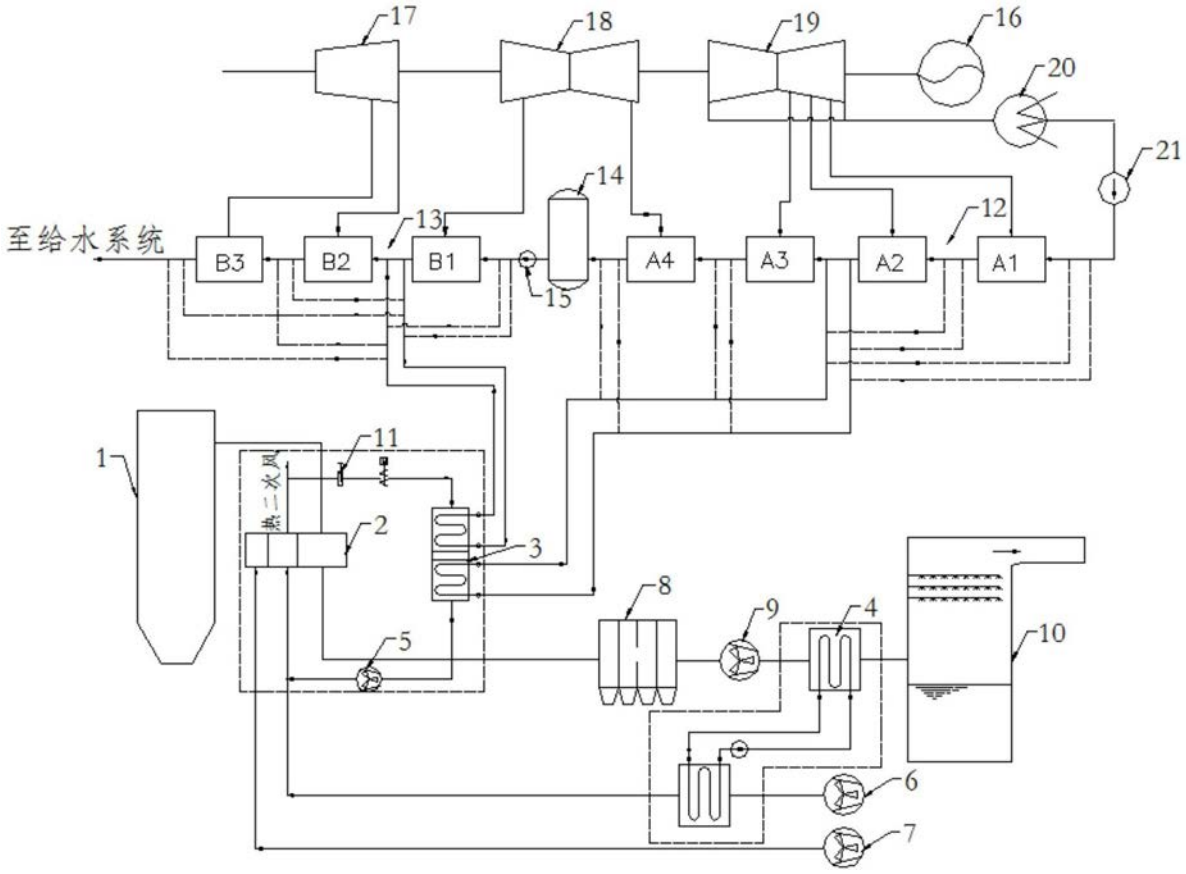

17
18
19
16
20
21
14
13
12
至给水系统
B3
B2
B1
A4
A3
A2
A1
15
1
11
热二次风
2
3
8
9
4
10
5
6
7

图3