(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109268862 B
(45)授权公告日 2020.04.07

(21)申请号 201811101456.1

(22)申请日 2018.09.20

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109268862 A

(43)申请公布日 2019.01.25

(73)专利权人 北京建筑大学
地址 100044 北京市西城区展览馆路1号

(72)发明人 张群力 沈祺 孙东晗

(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.
F23J 15/04(2006.01)
F23J 15/06(2006.01)
F23C 9/06(2006.01)

(56)对比文件
CN 107559861 A,2018.01.09,
CN 107101220 A,2017.08.29,
CN 105605647 A,2016.05.25,
CN 106918050 A,2017.07.04,
CN 106439796 A,2017.02.22,
CN 106500120 A,2017.03.15,
CN 106765043 A,2017.05.31,
EP 2116765 A2,2009.11.11,

审查员 何兰兰

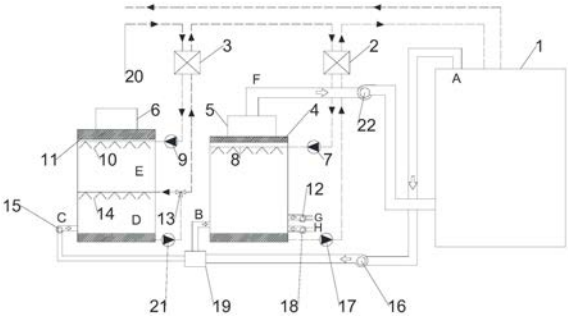
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统

(57)摘要

本发明提出了一种混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统。包括烟气余热回收塔、混合气体加湿塔、热网回水换热器。不再循环烟气首先进入烟气余热回收塔的高温烟气—中介循环水换热段进行显热交换，经过显热交换的烟气经中温烟气—中介循环水换热段回收烟气冷凝潜热，实现了对烟气余热的梯级回收利用，回收效率更高。由于在显热回收机构中仅用于回收烟气中的显热，对换热器防腐能力要求较低，因此可减少烟气余热回收成本。混合气体加湿塔可大幅度提高混合气体带入锅炉的水蒸气含量，从而提升烟气中水蒸气分压力，进而提高烟气的水露点温度，实现高喷淋水温度回收烟气冷凝潜热。同时混合气体可以起降低燃烧温度、改变炉膛内流场、低氮燃烧的作用。



CN 109268862 B

1.一种混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统，包括用于回收烟气余热的喷淋塔、混合气体加湿塔、热网回水换热器，其特征在于：燃气锅炉产生的锅炉排烟经烟气分流装置分为再循环烟气与不再循环烟气，助燃空气、燃气以及所述再循环烟气在所述混合气体加湿塔中加湿后进入锅炉内继续燃烧，所述不再循环烟气经所述喷淋塔降温除湿后排出；在所述混合气体加湿塔中，所述再循环烟气、助燃空气、燃料气的混合气体与中介循环水逆流直接接触换热，最终充分混合达到饱和状态，饱和混合气体经第一除雾网除去水雾后通入燃气锅炉内燃烧；所述喷淋塔从下到上包括高温烟气—中介循环水换热段和中温烟气—中介循环水换热段，在所述高温烟气—中介循环水换热段中不再循环烟气与中介循环水逆流直接接触热质交换降温加湿后变为饱和烟气并继续上升进入所述中温烟气—中介循环水换热段。

2.根据权利要求1所述的一种混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统，其特征在于：所述中介循环水自所述混合气体加湿塔顶部的第一喷淋装置喷入，被所述混合气体加热后落入所述混合气体加湿塔底部并从底部排水口排出，并通入第一热网回水换热器与热网回水换热。

3.根据权利要求1所述的一种混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统，其特征在于：在所述中温烟气—中介循环水换热段中所述饱和烟气与中介循环水逆流热质交换降温除湿变为低湿烟气经所述中温烟气—中介循环水换热段顶部的第二除雾装置除去水雾后，排入大气。

4.根据权利要求3所述的一种混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统，其特征在于：中介循环水在第二热网回水换热器处与热网回水逆流换热，降温后的低温中介循环水自中温烟气—中介循环水换热段顶部一侧第二喷淋装置喷入，被不再循环烟气加热后的高温中介循环水落入喷淋塔底部；所述落入喷淋塔底部的高温中介循环水自底部排水口排出后分为两股，一股自高温烟气—中介循环水换热段底部第三喷淋装置喷入，被不再循环烟气加热后的高温中介循环水落入喷淋塔底部；另一股高温中介循环水经第二热网回水换热器与热网回水换热后通入中温烟气—中介循环水换热段。

5.根据权利要求2所述的一种混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统，其特征在于：所述第一喷淋装置8为锥形大雾化角度的雾化喷头。

6.根据权利要求1所述的一种混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统，其特征在于：所述热网回水换热器为板式换热器或壳管式换热器。

7.根据权利要求1所述的一种混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统，其特征在于：所述烟气分流装置可依据燃气锅炉的NO_X排放自动调节再循环烟气的比例。

混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统

技术领域

[0001] 本发明涉及烟气余热回收技术领域，特别地涉及一种混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统。

背景技术

[0002] 2017年，我国天然气能源消耗量为2373亿立方米，同比增长15.3％。仅对北京市而言，在2017年间天然气总消耗量为160亿立方米。其中，在“煤改清洁能源”及“煤改气”的政策引导下，北京市在供暖季期间燃气供热比例达到了97％。同时，为了解决雾霾天气所带来的民生问题，北京市已在2017年4月4日实行了新的锅炉排放标准。助燃空气及燃气加湿使带入锅炉的水含量上升，从而提升了烟气中水蒸气分压力，进而提高烟气的水露点温度。当烟气水露点温度提升后，在直接接触式换热器中，烟气在较高的温度开始释放汽化潜热，相对于当烟气温度降到更低时，可以回收更多的烟气余热。同时，空气加湿可以起到低氮燃烧的作用。当锅炉助燃空气与燃气加湿时，一方面由于水的含量上升，空气中的氮与氧的浓度势必会下降，可以有效改变空气成分；另一方面，助燃空气进入锅炉燃烧时带入的水含量增多，会降低燃烧温度，改变燃烧室内流场，影响火焰的形态和传播特性，同时利于减缓NO_X生成速率。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是：(1)如何在热网回水温度高于烟气露点问的情况下实现烟气潜热回收；(2)降低燃气锅炉氮氧化物的排放。

[0004] 为了解决上述技术问题，本发明提供了一种混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统，包括烟气余热回收塔、混合气体加湿塔、热网回水换热器，其特征在于：助燃空气、燃气以及再循环烟气在混合气体加湿塔中加湿后进入锅炉内继续燃烧，不再循环烟气经烟气余热回收塔降温除湿后排出；所述烟气余热回收塔从下到上包括高温烟气—中介循环水换热段和中温烟气—中介循环水换热段。

[0005] 进一步，在所述混合气体加湿塔中，再循环烟气、助燃空气、燃料气的混合气体与所述中介循环水逆流直接接触换热，最终充分混合达到饱和状态，饱和混合气体经第一除雾网除去水雾后通入燃气锅炉内燃烧。

[0006] 进一步，所述中介循环水自所述混合气体加湿塔顶部的第一喷淋装置喷入，被所述混合气体加热后落入所述混合气体加湿塔底部并从底部排水口排出，并通入第一热网回水换热器与热网回水换热。

[0007] 进一步，在所述高温烟气—中介循环水换热段中不再循环烟气与中介循环水逆流直接接触热质交换降温加湿后变为饱和烟气并继续上升进入所述中温烟气—中介循环水换热段。

[0008] 进一步，在所述中温烟气—中介循环水换热段中所述饱和烟气与中介循环水逆流热质交换降温除湿变为低湿烟气经所述中温烟气—中介循环水换热段顶部的第二除雾装

置除去水雾后，排入大气。

[0009] 进一步，中介循环水在第二热网回水换热器处与热网回水逆流换热，降温后的低温中介循环水自中温烟气—中介循环水换热段顶部一侧第二喷淋装置喷入，被不再循环烟气加热后的高温中介循环水落入烟气余热回收塔底部；所述落入烟气余热回收塔底部的高温中介循环水自底部排水口排出后分为两股，一股自高温烟气—中介循环水换热段底部第三喷淋装置喷入，被不再循环烟气加热后的高温中介循环水落入烟气余热回收塔底部；另一股高温中介循环水经第二热网回水换热器与热网回水换热后通入中温烟气—中介循环水换热段。

[0010] 进一步，所述第一喷淋装置为锥形大雾化角度的雾化喷头。

[0011] 进一步，所述热网回水换热器为板式换热器或壳管式换热器。

[0012] 进一步，燃气锅炉产生的锅炉排烟经烟气分流装置分为再循环烟气与不再循环烟气.

[0013] 进一步，所述烟气分流装置可依据燃气锅炉的NO_X排放自动调节再循环烟气的比例。

[0014] 本发明的上述技术方案具有如下优点：

[0015] (1)同传统的空气加湿型喷淋式烟气余热回收系统相比，本系统通过引入燃料气、烟气、助燃空气混合热质交换，在中介循环水总量相等的条件下，即增加了通入炉膛内水蒸气的含量又引入低温再循环烟气。因此可较大程度地提高烟气露点并降低炉膛内燃烧温度，从而抑制热力型NO_X的产生。

[0016] (2)不再循环烟气首先进入高温烟气—中介循环水换热段进行显热交换，经过显热交换的烟气经中温烟气—中介循环水换热段回收烟气冷凝潜热，实现了对烟气余热的梯级回收利用，烟气余热回收的更彻底，回收效率更高。并且，由于在显热回收机构中仅用于回收烟气中的显热，对换热器防腐能力要求较低，因此可减少烟气余热回收的成本。

附图说明

[0017] 本发明上述和/或附加方面的优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

[0018] 图1是本发明的系统示意图。

[0019] 图1中的各部件编号与名称如下：

[0020] 锅炉1、第一热网回水换热器2、第二热网回水换热器3、第一除雾网4、混合气体加湿塔5、烟气余热回收塔6、加湿塔换热泵7、第一喷淋装置8、烟气余热回收塔换热泵9、第二喷淋装置10、第二除雾网11、助燃空气引风机12、三通阀13、第三喷淋装置14、烟气风机15、锅炉排烟风机16、加湿塔中介循环水泵17、燃料气引风机18、烟气分流装置19、热网回水20、烟气余热回收塔中介循环水泵21、混合气体引风机22，锅炉排烟A、再循环烟气B、不再循环烟气C、高温烟气—中介循环水换热段D、混合气体F。

具体实施方式

[0021] 在本发明的描述中，需要说明的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、”“内”、“外”等指示的方位或位置关系

为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0022] 在本发明的描述中，需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。此外，在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

[0023] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。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的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。

[0024] 如图1所示，本发明提供了一种混合气体加湿的低氮高效烟气潜热利用系统的实施例。包括用于回收烟气余热的烟气余热回收塔6、混合气体加湿塔5、第一和第二热网回水换热器2与3。

[0025] 混合气体加湿塔5为再循环烟气B、助燃空气G、燃料气H与中介循环水逆流直接接触换热；其中再循环烟气B、助燃空气G、燃料气H自混合气体加湿塔5底部一侧分别进入；再循环烟气B、助燃空气G、燃料气H在混合气体加湿段D上升过程中与中介循环水热质交换最终充分混合达到饱和状态，饱和混合气体F经第一除雾网4除去水雾后自混合气体加湿段顶部排出，经混合气体引风机22通入燃气锅炉1内燃烧；中介循环水自混合气体加湿塔5顶部的第一喷淋装置8喷入，被混合气体加热后落入混合气体加湿塔5底部并从底部排水口排出；其中中介循环水经混合气体加湿塔中介循环水泵17加压后通入第一热网回水换热器2与热网回水20换热；其中第一喷淋装置8优选锥形大雾化角度的雾化喷头；第一热网回水换热器优选板式换热器或壳管式换热器。

[0026] 燃气锅炉1产生的锅炉排烟A经烟气分流装置19分为再循环烟气B与不再循环烟气C；优选地烟气分流装置19可依据燃气锅炉的NO_X排放自动调节再循环烟气B的比例。

[0027] 烟气余热回收塔6分为两段，从下至上分别为高温烟气—中介循环水换热段D，中温烟气—中介循环水换热段E；其中高温烟气—中介循环水换热段D为不再循环烟气C与中介循环水逆流直接接触热质交换；其中不再循环烟气C自高温烟气—中介循环水换热段D底部一侧进入，经中介循环水降温加湿后变为饱和烟气并继续上升进入中温烟气—中介循环水换热段E；中温烟气—中介循环水换热段E为饱和烟气与中介循环水逆流热质交换；饱和烟气经中介循环水降温除湿后变为低湿烟气经中温烟气—中介循环水换热段E顶部第二除雾装置11除去水雾后，排入大气。

[0028] 中介循环水在第二热网回水换热器3处与热网回水20逆流换热，降温后的低温中介循环水自中温烟气—中介循环水换热段E顶部一侧第二喷淋装置10喷入，被不再循环烟气C加热后的高温中介循环水落入烟气余热回收塔6底部；落入烟气余热回收塔底部的高温中介循环水自底部排水口排出，经烟气余热回收塔中介循环水泵21加压后经三通阀门13分

为两股，一股自高温烟气—中介循环水换热段D底部第三喷淋装置14喷入，被不再循环烟气C加热后的高温中介循环水落入烟气余热回收塔6底部；另一股高温中介循环水经第三热网回水换热器3与热网回水20换热后通入中温烟气—中介循环水换热段E。

[0029] 在本发明的系统中，热网回水20先和烟气余热回收塔6的中介循环水换热再与混合气体加湿塔5的中介循环水换热，以保证与第二热网回水换热器3换热后的烟气余热回收塔6中介循环水为系统最低中介循环水温度。烟气余热回收塔6的高温烟气—中介循环水换热段D通过高温中介循环水实现烟气的显热回收；中温烟气—中介循环水换热段E通过低于经混合气体加湿后大幅提高的烟气露点温度的中介循环水实现烟气的冷凝潜热回收与烟气除湿。

[0030] 该系统在工作时，其工作流程如下：

[0031] (1)烟气流程：燃气锅炉1燃烧后产生的锅炉排烟A经烟气分流装置19分为再循环烟气B与不再循环烟气C，不再循环烟气C自烟气余热回收塔6高温烟气—中介循环水换热段D底部通入，在高温烟气—中介循环水换热段D与自高温烟气—中介循环水换热段D顶部第三喷淋装置14喷下的中介循环水直接逆流接触，再循环烟气B在上升过程降温加湿，达到饱和状态，降温加湿后的烟气继续向上进入中温烟气—中介循环水换热段E，在中温烟气—中介循环水换热段E中被低温中介循环水降温除湿后变为低湿烟气经中温烟气—中介循环水换热段E顶部第二除雾装置11除去水雾后，排入大气。

[0032] (2)燃料气、助燃空气、再循环烟气组成的混合气体的流程：助燃空气G与燃料气H、再循环烟气B自混合气体加湿塔5底部一侧通入，在上升过程中与自混合气体加湿塔5顶部第一喷淋装置8喷入的的中介循环水热质交换；助燃空气G、燃料气H、再循环烟气B三者最终充分混合并达到饱和状态，混合后的饱和气体自混合气体加湿塔5顶部经第一除雾网4除去水雾后排出，经混合气体引风机22通入锅炉1内燃烧。

[0033] (3)混合气体加湿塔中介循环水流程：中介循环水先经第二热网回水换热器3与热网回水20换热，降温后的中介循环水自混合气体加湿塔5顶部第一喷淋装置8喷入，与自下而上的混合气体逆流直接接触换热，被加热的中介循环水落入混合气体加湿塔5底部；混合气体加湿塔5底部的高温中介循环水排出后经加湿塔中介循环水泵17加压后通入第一热网回水换热器2与热网回水20。

[0034] (4)烟气余热回收塔中介循环水流程：中介循环水在第二热网回水换热器3处与热网回水20逆流换热，降温后的低温中介循环水自中温烟气—中介循环水换热段E顶部一侧第二喷淋装置10喷入，被不再循环烟气C加热后的高温中介循环水落入烟气余热回收塔6底部；落入烟气余热回收塔底部的高温中介循环水自底部排水口排出，经烟气余热回收塔中介循环水泵21加压后经三通阀门13分为两股，一股自高温烟气—中介循环水换热段D底部第三喷淋装置14喷入，被不再循环烟气C加热后的高温中介循环水落入烟气余热回收塔6底部；另一股高温中介循环水经第二热网回水换热器3与热网回水20换热后通入中温烟气—中介循环水换热段E。

[0035] 最后应说明的是：以上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精神和

范围。

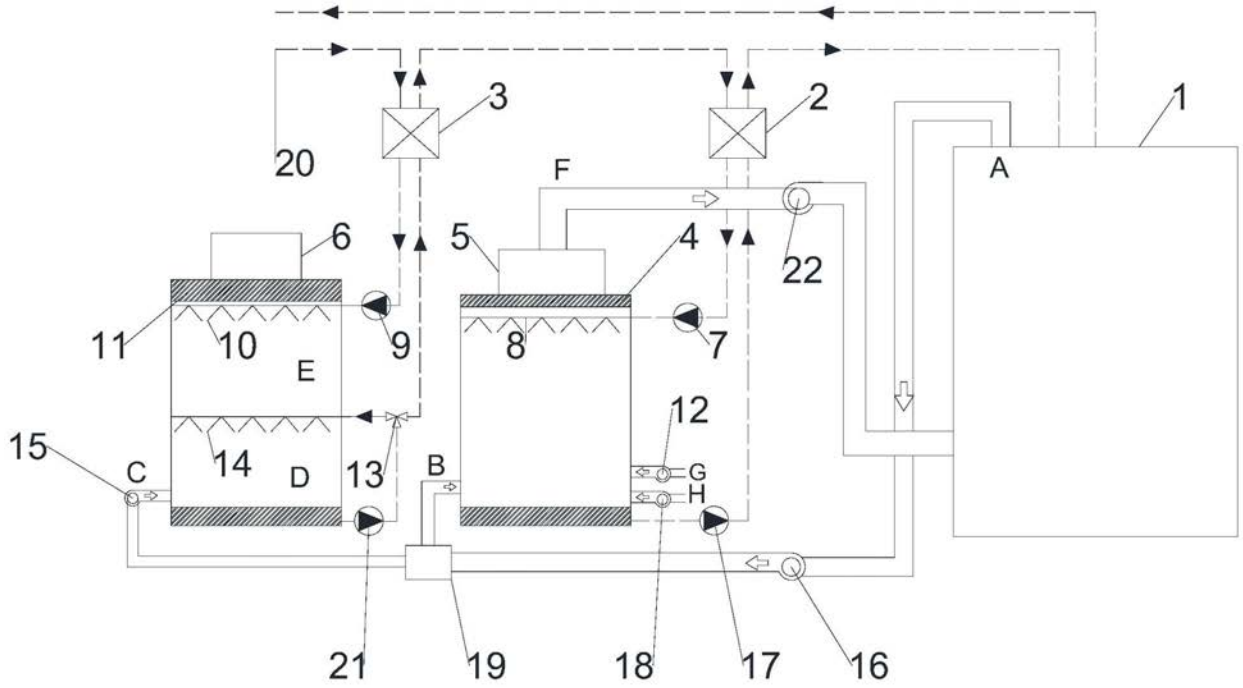


图1