

一种烟气余热耦合凝结回水加热系统

5 本发明要求于 2023 年 05 月 31 日提交中国专利局、申请号为 202310634633.7、发明名称为“一种烟气余热耦合凝结回水加热系统”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本发明中。

技术领域

本发明属于垃圾焚烧技术领域，特别涉及一种烟气余热耦合凝结回水加热系统。

10

背景技术

垃圾焚烧锅炉系统的尾部排烟温度通常在 150℃左右，设置 SCR（选择性催化还原技术）系统排烟温度高达 180℃以上。排烟温度过高直接导致烟气中相当可观的能量未经利用就直接排向大气。因此，从节能减排和经济性两方面考虑，进一步降低排烟温度已成为目前电站锅炉发展节能减排技术的必然选择。

20 目前，低温省煤器系统能够回收烟气余热，提高机组运行的经济性，具有显著的经济效益。现有较多的方案是通过从凝结水直接引一路去低温省煤器，与烟气换热后再回到凝结水系统。在垃圾焚烧厂中，由于垃圾量和热值的波动使得汽机负荷发生变化，导致低压加热器的抽汽参数变化，进而加热的凝结水温度波动很大。若直接利用凝结水进入低温省煤器回收烟气余热，当汽机负荷低时送至低温省煤器的凝结水温偏低，容易导致低温省煤器的低温腐蚀，很难保证长周期的稳定运行，而且排烟温度过低对烟囱和管道产生强烈的腐蚀，这为烟气余热的综合利用带来了困难。

25 因此，如何克服凝结水参数波动的影响，确保低温省煤器不发生低温腐蚀，是本领域技术人员亟待解决的问题。

发明内容

本发明的目的在于提供一种烟气余热耦合凝结回水加热系统,可有效克服凝结水参数波动的影响,确保低温省煤器不发生低温腐蚀。

- 为解决上述技术问题,本发明提供一种烟气余热耦合凝结回水加热系统,
- 5 包括锅炉、除尘器、烟气-蒸汽换热器、SCR脱硝设备、低温省煤器、引风机、汽轮机、凝汽器、低压加热器、水水换热器、除氧器、锅炉给水泵以及循环水泵;

- 其中,所述锅炉的烟气出口依次与所述除尘器、所述烟气-蒸汽换热器、所述SCR脱硝设备和所述引风机中的烟气管道连通,所述锅炉的汽包出口与
- 10 所述汽轮机的蒸汽入口连通,所述汽轮机的蒸汽出口依次与所述凝汽器、所述低压加热器和所述水水换热器的凝结水通道连通;

所述除氧器的第一入口与所述水水换热器的凝结水出口连通、第二入口与所述低温省煤器的循环水出口连通、第一出口与所述锅炉的进水口连通、第二出口通过所述水水换热器的循环水通道与所述低温省煤器的循环水入口连通。

- 15 可选的,在上述烟气余热耦合凝结回水加热系统中,所述除氧器的第二入口与第一循环回水母管的一端连接,所述低温省煤器的循环水出口与第一支管的一端连接,所述低温省煤器的循环水入口和所述水水换热器的循环水出口之间的第二循环回水母管上与第二支管的一端连接,所述第二支管的另一端分别与
- 所述第一支管的另一端、所述第一循环回水母管的另一端连接;

- 20 所述第一循环回水母管上串联有循环回水母管电动调阀,所述第二支管上串联有低温省煤器旁路电动调阀。

可选的,在上述烟气余热耦合凝结回水加热系统中,还包括用于测量所述第一循环回水母管的水温和水压的第一温度传感器和第一压力传感器,以及,用于测量所述第一支管的水温的第二温度传感器;

- 25 所述低温省煤器旁路电动调阀用于根据所述第一温度传感器的数值来控制开度,所述循环回水母管电动调阀用于根据所述第二温度传感器和所述第一压力传感器的数值来控制开度。

可选的,在上述烟气余热耦合凝结回水加热系统中,所述水水换热器的循环水入口和循环水出口之间设置第三支管,所述第三支管上串联有水水换热器旁路电动调阀。

5 可选的,在上述烟气余热耦合凝结回水加热系统中,还包括用于测量所述低温省煤器的循环水入口和所述水水换热器的循环水出口之间第二循环回水母管的水温的第三温度传感器,所述水水换热器旁路电动调阀用于根据所述第三温度传感器的数值来控制开度。

可选的,在上述烟气余热耦合凝结回水加热系统中,所述除氧器的第一出口和所述锅炉的进水口之间串联有锅炉给水泵。

10 可选的,在上述烟气余热耦合凝结回水加热系统中,所述除氧器的第二出口和所述水水换热器的循环水入口之间设置有循环水泵。

可选的,在上述烟气余热耦合凝结回水加热系统中,所述低温省煤器的烟气出口和所述引风机之间设置有第四温度传感器,用于监测烟温;

15 所述循环水泵用于根据所述第四温度传感器的数值控制所述循环水泵的功率。

可选的,在上述烟气余热耦合凝结回水加热系统中,所述水水换热器为板式换热器。

可选的,在上述烟气余热耦合凝结回水加热系统中,所述低温省煤器为双H型翅片管式省煤器。

20 本发明提供了一种烟气余热耦合凝结回水加热系统,其有益效果在于:

根据不同介质的流通,具体可分为垃圾焚烧烟气排放系统、凝结水加热系统和闭式循环水系统。垃圾焚烧烟气排放系统沿烟气流程依次包括通过烟道依次连接的锅炉、除尘器、烟气-蒸汽换热器、SCR脱硝设备、低温省煤器和引风机。凝结水加热系统沿汽水流程包括汽轮机、凝汽器、低压加热器、水水换
25 热器、除氧器和锅炉给水泵。闭式循环水系统沿水流程包括通过循环水管依次连接的除氧器、循环水泵、水水换热器和低温省煤器。

本案通过从除氧器低压给水引一路循环水至水水换热器,用于加热来自低

温加热器出口的凝结水，冷却后的循环水送至低温省煤器，与烟气换热后再次回到除氧器，形成独立的闭式循环水系统。利用除氧器出口水温恒定的特点，可有效克服不同工况下凝结水参数波动的影响，确保低温省煤器不发生低温腐蚀。

5

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例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，下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例，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，还可以根据提供的附图获得其他的附图。

10

图1为本发明实施例提供的一种烟气余热耦合凝结回水加热系统的示意图。

上图中：

- 1-锅炉；2-除尘器；3-烟气-蒸汽换热器；4-SCR脱硝设备；5-低温省煤器；
15 6-引风机；7-汽轮机；8-凝汽器；9-低压加热器；10-水水换热器；11-除氧器；
12-锅炉给水泵；13-循环水泵；14-水水换热器旁路电动调阀；15-低温省煤器旁路电动调阀；16-循环回水母管电动调阀；

T1-第一温度传感器；T2-第二温度传感器；T3-第三温度传感器；T4-第四温度传感器；P1-第一压力传感器。

20

具体实施方式

下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

25

本发明的核心是提供一种烟气余热耦合凝结回水加热系统，可有效克服凝结水参数波动的影响，确保低温省煤器不发生低温腐蚀。

-5-

为了使本领域的技术人员更好地理解本发明提供的技术方案，下面将结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细说明。

具体地，请参考图1，本发明提供一种烟气余热耦合凝结回水加热系统，包括：锅炉1、除尘器2、烟气-蒸汽换热器3、SCR脱硝设备4、低温省煤器5、引风机6、汽轮机7、凝汽器8、低压加热器9、水水换热器10、除氧器11、锅炉给水泵12以及循环水泵13。

其中，锅炉1的烟气出口依次与除尘器2、烟气-蒸汽换热器3、SCR脱硝设备4和引风机6中的烟气管道连通，锅炉1的汽包出口与汽轮机7的蒸汽入口连通，汽轮机7的蒸汽出口依次与凝汽器8、低压加热器9和水水换热器10的凝结水通道连通；

除氧器11的第一入口与水水换热器10的凝结水出口连通、第二入口与低温省煤器5的循环水出口连通、第一出口与锅炉1的进水口连通、第二出口通过水水换热器10的循环水通道与低温省煤器5的循环水入口连通。

需要说明的是，除氧器11利用热力型除氧原理，采用中压旋膜式结构。利用汽轮机7抽汽加热凝结水，提供凝结水温度和除氧，送至锅炉1。除氧器11的出水温度通常设计成常规参数（如130℃/150℃）。垃圾焚烧厂的除氧器11工作压力恒定，给水温度也为恒定值，不随负荷变化而波动。从除氧器11低压给水引一路作为循环水，送至水水换热器10。

SCR脱硝设备4为利用选择性催化还原方法进行脱硝的设备。

本方案提供的烟气余热耦合凝结回水加热系统，根据不同介质的流通，具体可分为垃圾焚烧烟气排放系统、凝结水加热系统和闭式循环水系统。垃圾焚烧烟气排放系统沿烟气流程依次包括通过烟道依次连接的锅炉1、除尘器2、烟气-蒸汽换热器3、SCR脱硝设备4、低温省煤器5和引风机6。凝结水加热系统沿汽水流程包括汽轮机7、凝汽器8、低压加热器9、水水换热器10、除氧器11和锅炉给水泵12。闭式循环水系统沿水流程包括通过循环水管依次连接的除氧器11、循环水泵13、水水换热器10和低温省煤器5。

5 本案通过从除氧器 11 低压给水引一路循环水至水水换热器 10，用于加热来自低温加热器出口的凝结水，冷却后的循环水送至低温省煤器 5，与烟气换热后再次回到除氧器 11，形成独立的闭式循环水系统。利用除氧器 11 出口水温恒定的特点，可有效克服不同工况下凝结水参数波动的影响，确保低温省煤器 5 不发生低温腐蚀。

10 在具体实施例中，除氧器 11 的第二入口与第一循环回水母管的一端连接，低温省煤器 5 的循环水出口与第一支管的一端连接，低温省煤器 5 的循环水入口和水水换热器 10 的循环水出口之间的第二循环回水母管上与第二支管的一端连接，第二支管的另一端分别与第一支管的另一端、第一循环回水母管的另一端连接。

第一循环回水母管上串联有循环回水母管电动调阀 16，循环回水母管电动调阀 16 用于控制第一循环回水母管上的阀门开度。第二支管上串联有低温省煤器旁路电动调阀 15。低温省煤器旁路电动调阀 15 用于控制第二支管的阀门开度。

15 本案还包括用于测量第一循环回水母管的水温和水压的第一温度传感器 T1 和第一压力传感器 P1，以及，用于测量第一支管的水温的第二温度传感器 T2。

20 低温省煤器旁路电动调阀 15 用于根据第一温度传感器 T1 的数值来控制开度，循环回水母管电动调阀 16 用于根据第二温度传感器 T2 和第一压力传感器 P1 的数值来控制开度。

当第一温度传感器 T1 的温度值超过第一预设值时，低温省煤器旁路电动调阀 15 打开，使第一温度传感器 T1 的温度值低于第一预设值。当第二温度传感器 T2 的温度值超过第二预设值时，减小循环回水母管电动调阀 16 的阀门开度，使得第一压力传感器 P1 的压力值不低于第三预设值。

25 在具体实施例中，水水换热器 10 的循环水入口和循环水出口之间设置第三支管，第三支管上串联有水水换热器旁路电动调阀 14。水水换热器旁路电动调阀 14 用于控制第三支管的阀门开度。

本案还包括用于测量低温省煤器 5 的循环水入口和水水换热器 10 的循环水出口之间第二循环回水母管的水温的第三温度传感器 T3，水水换热器旁路电动调阀 14 用于根据第三温度传感器 T3 的数值来控制开度。

当第三温度传感器 T3 的温度值低于第四预设值时，打开水水换热器旁路电动调阀 14，确保第三温度传感器 T3 的温度值不低于第四预设值。

为了提高流体动力，除氧器 11 的第一出口和锅炉 1 的进水口之间串联有锅炉给水泵 12。

在具体实施例中，除氧器 11 的第二出口和水水换热器 10 的循环水入口之间设置有循环水泵 13。循环水泵 13 为变频泵。

低温省煤器 5 的烟气出口和引风机 6 之间设置有第四温度传感器 T4，用于监测烟温。

循环水泵 13 用于根据第四温度传感器 T4 的数值控制循环水泵 13 的功率。

当第四温度传感器 T4 的温度值低于第五预设值时，提高循环水泵 13 功率，增大循环水流量，提高排烟温度在第五预设值以上。

需要说明的是，第一预设值、第二预设值、第三预设值、第四预设值和第五预设值可根据实际需要进行适应性选择，在此不做赘述。

上述设置，可综合利用低温省煤器 5 回收的烟气余热，实现不同工况下系统稳定性，克服不同凝结水参数波动的影响，精确、灵活的调节系统性能参数。

在一具体实施例中，水水换热器 10 为板式换热器，换热效率高，设备体积小。除氧器 11 低压给水通过循环水泵 13 送至水水换热器 10，作为水水换热器 10 的热端。水水换热器 10 冷端来自于低压加热器 9 出口的凝结水。加热后的凝结水回至除氧器 11，减少除氧器 11 的加热抽汽量，提高发电效率。冷凝后的循环水送至低温省煤器 5。

在另一具体实施例中，低温省煤器 5 为双 H 型翅片管式省煤器，材质为 ND 钢，设备投资成本低，节距大，不易堵灰。本设备布置在 SCR 脱硝设备 4 与引风机 6 之间，入口烟温恒为 180℃。低温省煤器 5 进口循环水温度要求不低于 100℃，出口烟温要求不低于 120℃，若低于此值，低温省煤器 5 存在很

大的低温腐蚀风险，造成设备损坏，不利于长周期运行。低温省煤器 5 循环水出口送至除氧器 11。循环回水母管温度不得超过除氧器 11 工作压力下的饱和温度，目的是防止温度过高造成除氧器 11 自沸腾，影响设备运行。

以 1x500t/d 垃圾焚烧厂设计为例，余热锅炉 1 主蒸汽参数为 6.4MPa/450℃，
5 设计负荷下除氧器 11 低压给水温度 130℃，SCR 脱硝设备 4 出口烟气温度 180℃，烟气量 113000Nm³/h，低压加热器 9 出口凝结水水温为 82℃，凝结水量为 45t/h。

烟气余热回收系统为闭式循环水系统，低温省煤器旁路电动调阀 15 与第一循环回水母管的第一温度传感器 T1 连锁控制，循环回水母管电动调阀 16
10 与低温省煤器 5 循环水出口的第一支管上的第二温度传感器 T2 以及第一循环回水母管上的第一压力传感器 P1 连锁控制，水水换热器旁路电动调阀 14 与低温省煤器 5 循环水入口的第二循环回水母管上第三温度传感器 T3 连锁控制，循环水泵 13 与第四温度传感器 T4 连锁控制。当循环水泵 13 正常运行时，水水换热器旁路电动调阀 14、低温省煤器旁路电动调阀 15 关闭，循环回水母管
15 电动调阀 16 全开。第一步，首先监测第一温度传感器 T1 的温度，当第一温度传感器 T1 的温度值超过 130℃，低温省煤器旁路电动调阀 15 打开，控制第一温度传感器 T1 的温度值在 130℃以内，再监测第二温度传感器 T2 的温度，当第二温度传感器 T2 的温度值超过 150℃时，减小循环回水母管电动调阀 16 的开度，使得第一压力传感器 P1 的压力值不低于 0.6MPa。第二步，监测低温省
20 煤器 5 循环水入口的水温（即第三温度传感器 T3 的温度值），当第三温度传感器 T3 的温度值低于 100℃，水水换热器旁路电动调阀 14 打开，确保第三温度传感器 T3 的温度值不低于 100℃。第三步，监测第四温度传感器 T4 的排烟温度值，当排烟温度低于 120℃，提高循环水泵 13 的功率，增大循环水流量，提高排烟温度在 120℃以上。

25 利用烟气余热加热凝结水系统，当循环水泵 13 流量为 64t/h，水水换热器 10 循环水出口温度为 100℃，凝结水出口温度 124℃。低温省煤器 5 循环水入口水温 100℃，与 180℃烟气换热后，循环水温升高至 129℃，重新回至除氧

器 11，排烟温度降至 130℃，全厂发电效率提高 1%。

本发明提供的一种烟气余热耦合凝结回水加热系统，至少具备以下有益效果或优点：

1、本案为闭式循环水系统，循环水为全封闭内循环，避免了水质污染，
5 减少换热设备结垢和腐蚀，提高换热设备传热效率和寿命；采用循环水为中间介质，利用低温省煤器 5 回收烟气余热直接加热凝结水。另外可与常规热力系统进行切换，当该系统检修停运时，不影响热力系统稳定运行。

2、除氧器 11 的出口水温恒定，利用水水换热器 10 旁路调阀开度，在变工况下可以很容易控制出口水温，克服不同工况参数波动影响，确保低温省煤
10 器 5 不发生低温腐蚀。

3、余热回收系统配套设置排烟温度精确调整的系统，降低排烟温度，提高全厂发电效率，实现深度节能减排降碳。通过改变锅炉 1 烟囱的排放温度调整视觉白烟。

如本申请和权利要求书所示，除非上下文明确提示例外情形，“一”、
15 “一个”、“一种”和/或“该”等词并非特指单数，也可包括复数。一般说来，术语“包括”与“包含”仅提示包括已明确标识的步骤和元素，而这些步骤和元素不构成一个排它性的罗列，方法或者设备也可能包含其它的步骤或元素。由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

20 本申请的描述中，除非另有明确的限定，设置、安装、连接等词语应做广义理解，所属技术领域技术人员可以结合技术方案的具体内容合理确定上述词语在本申请中的具体含义。

本说明书中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

25 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想。应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以对本发明

— 10 —

进行若干改进和修饰，这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

权 利 要 求

1、一种烟气余热耦合凝结回水加热系统，其特征在于，包括锅炉、除尘器、烟气-蒸汽换热器、SCR 脱硝设备、低温省煤器、引风机、汽轮机、凝汽器、5 低压加热器、水水换热器、除氧器、锅炉给水泵以及循环水泵；

其中，所述锅炉的烟气出口依次与所述除尘器、所述烟气-蒸汽换热器、所述 SCR 脱硝设备和所述引风机中的烟气管道连通，所述锅炉的汽包出口与所述汽轮机的蒸汽入口连通，所述汽轮机的蒸汽出口依次与所述凝汽器、所述低压加热器和所述水水换热器的凝结水通道连通；

10 所述除氧器的第一入口与所述水水换热器的凝结水出口连通、第二入口与所述低温省煤器的循环水出口连通、第一出口与所述锅炉的进水口连通、第二出口通过所述水水换热器的循环水通道与所述低温省煤器的循环水入口连通。

2、根据权利要求 1 所述的烟气余热耦合凝结回水加热系统，其特征在于，所述除氧器的第二入口与第一循环回水母管的一端连接，所述低温省煤器的循环水出口与第一支管的一端连接，所述低温省煤器的循环水入口和所述水水换热器的循环水出口之间的第二循环回水母管上与第二支管的一端连接，所述第二支管的另一端分别与所述第一支管的另一端、所述第一循环回水母管的另一端连接；

20 所述第一循环回水母管上串联有循环回水母管电动调阀，所述第二支管上串联有低温省煤器旁路电动调阀。

3、根据权利要求 2 所述的烟气余热耦合凝结回水加热系统，其特征在于，还包括用于测量所述第一循环回水母管的水温和水压的第一温度传感器和第一压力传感器，以及，用于测量所述第一支管的水温的第二温度传感器；

25 所述低温省煤器旁路电动调阀用于根据所述第一温度传感器的数值来控制开度，所述循环回水母管电动调阀用于根据所述第二温度传感器和所述第一压力传感器的数值来控制开度。

4、根据权利要求1所述的烟气余热耦合凝结回水加热系统，其特征在于，所述水水换热器的循环水入口和循环水出口之间设置第三支管，所述第三支管上串联有水水换热器旁路电动调阀。

5、根据权利要求4所述的烟气余热耦合凝结回水加热系统，其特征在于，还包括用于测量所述低温省煤器的循环水入口和所述水水换热器的循环水出口之间第二循环回水母管的水温的第三温度传感器，所述水水换热器旁路电动调阀用于根据所述第三温度传感器的数值来控制开度。

6、根据权利要求1所述的烟气余热耦合凝结回水加热系统，其特征在于，所述除氧器的第一出口和所述锅炉的进水口之间串联有锅炉给水泵。

10 7、根据权利要求1所述的烟气余热耦合凝结回水加热系统，其特征在于，所述除氧器的第二出口和所述水水换热器的循环水入口之间设置有循环水泵。

8、根据权利要求7所述的烟气余热耦合凝结回水加热系统，其特征在于，所述低温省煤器的烟气出口和所述引风机之间设置有第四温度传感器，用于监测烟温；

15 所述循环水泵用于根据所述第四温度传感器的数值控制所述循环水泵的功率。

9、根据权利要求1所述的烟气余热耦合凝结回水加热系统，其特征在于，所述水水换热器为板式换热器。

20 10、根据权利要求1所述的烟气余热耦合凝结回水加热系统，其特征在于，所述低温省煤器为双H型翅片管式省煤器。