



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103557532 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 09

(21) 申请号 201310565248. 8

CN 201110561 Y, 2008. 09. 03, 全文.

(22) 申请日 2013. 11. 14

审查员 万丽娟

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

地址 150000 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 别如山 宋兴飞 纪晓瑜 刘茜茜
陈佩

(51) Int. Cl.

F23L 15/00(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2012072362 A1, 2012. 06. 07, 全文.

JP H11-230537 A, 1999. 08. 27, 全文.

CN 1363798 A, 2002. 08. 14, 全文.

CN 102798138 A, 2012. 11. 28, 全文.

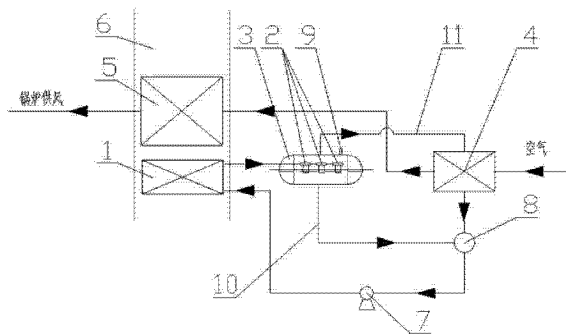
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统及方法

(57) 摘要

利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统及方法,属于生物质能利用领域。针对采用锅炉高温高压给水作为热源预热空气,空气预热器占地面积大,空气预热器承受高温高压,水泵电耗大,投资及运行成本高问题。烟气冷却器与布置在汽包内的汽水分离器相连,汽包与蒸汽-空气换热器蒸相连,蒸汽-空气换热器及汽包与混合器相连,混合器通过低压循环泵与烟气冷却器相连,蒸汽-空气换热器与空气预热器相连。饱和水在烟气冷却器内与热烟气换热得到汽、水混合物,降低排烟温度,汽、水混合物经汽水分离器分离后得到饱和蒸汽作为蒸汽-空气换热器热源预热空气,以提高空气预热器入口空气温度,避免低温腐蚀。本发明用于燃生物质锅炉或燃煤(硫含量较高)锅炉。



1. 一种利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统,所述的利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统包括烟气冷却器(1)、汽水分离器(2)、汽包(3)、蒸汽-空气换热器(4)、空气预热器(5)、锅炉烟道(6)、低压循环泵(7)、混合器(8)和安全阀(9),锅炉烟道(6)布置在锅炉烟气出口处,其特征在于:

所述的烟气冷却器(1)汽、水混合物出口通过汽、水混合物管道与布置在汽包(3)内的汽水分离器(2)入口相连,汽包(3)上方设置有安全阀(9),汽包(3)蒸汽出口通过蒸汽管道(11)与蒸汽-空气换热器(4)蒸汽入口相连,蒸汽-空气换热器(4)凝结水出口及汽包(3)的下降管(10)均与混合器(8)相连,混合器(8)通过低压循环泵(7)与烟气冷却器(1)热水入口相连,蒸汽-空气换热器(4)的换热空气出口通过热空气管路与空气预热器(5)热空气入口相连,空气预热器(5)和烟气冷却器(1)由上至下布置在锅炉烟道(6)内。

2. 如权利要求1所述的一种利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统,其特征在于:所述的烟气冷却器(1)的结构为H型鳍片管、螺旋鳍片管束或光管管束。

3. 如权利要求1所述的一种利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统,其特征在于:所述的蒸汽-空气换热器(4)的内部设有螺旋鳍片管束。

4. 如权利要求1所述的一种利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统,其特征在于:所述的锅炉烟道(6)为燃生物质锅炉烟道,所述的锅炉烟气出口为燃生物质锅炉烟气出口;或者所述的锅炉烟道(6)为燃煤锅炉烟道,所述的锅炉烟气出口为燃煤锅炉烟气出口。

5. 一种利用权利要求1、2、3或4所述的系统实现避免空气预热器低温腐蚀的方法,其特征在于:所述的方法步骤是:

步骤一:工质水在烟气冷却器(1)内加热得到汽、水混合物,加热温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$,压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$,该汽、水混合物经烟气冷却器(1)汽、水混合物出口及汽、水混合物管道进入布置在汽包(3)内的汽水分离器(2)内,经汽水分离器(2)进行蒸汽和水的分离,得到压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$,温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的饱和蒸汽,饱和蒸汽通过蒸汽管道(11)送入蒸汽-空气换热器(4)内与空气换热,空气被加热至 $80 \sim 90^{\circ}\text{C}$;

步骤二:一方面,经步骤一加热后的空气送入空气预热器(5)内与热烟气换热,得到 $200 \sim 220^{\circ}\text{C}$ 的高温空气,该高温空气送入锅炉内助燃;另一方面,步骤一中的饱和蒸汽在蒸汽-空气换热器(4)内经相变换热后得到的凝结水与汽包(3)内的压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$ 、温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的饱和水在混合器(8)内汇合,然后经低压循环泵(7)送入烟气冷却器(1)内与烟气换热,换热后的烟气温度为 $120 \sim 140^{\circ}\text{C}$,饱和水经换热后得到压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$ 、温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的汽、水混合物,然后将该汽、水混合物送入汽包(3)内,依次重复上述步骤,构成一个封闭循环过程。

利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种避免空气预热器低温腐蚀的系统及方法,属于生物质能利用领域。

背景技术

[0002] 现有技术中多将空气预热器设置在锅炉尾部烟道中,利用烟气与冷空气进行换热,当以生物质为燃料时,烟气中氯及碱金属含量较高,因此空气预热器的烟气侧受热面易发生低温腐蚀和积灰现象,传热效果下降,锅炉效率降低,增加了电耗及运行费用,严重影响了燃生物质锅炉的正常运行。为避免空气预热器发生低温腐蚀,中国专利公告号为 CN1619246、公开日为 2005 年 5 月 25 日、专利申请号为 CN200410086239.1 的发明专利公开了《一种避免锅炉空气预热器发生低温腐蚀的方法》(以下简称专利一),专利一是将空气预热器设置在配风风道中,利用锅炉高温高压给水加热空气,经换热后的锅炉给水一路送入烟气冷却器冷却烟气,然后进入省煤器,另一路直接送入省煤器,可从根本上防止空气预热器受热面的腐蚀和积灰,减低了锅炉运行及维护成本,节约了电厂的生产成本。

[0003] 专利一中采用锅炉高温高压给水作为热源预热空气,虽然能够避免受热面的低温腐蚀和积灰问题,但热水侧的换热系数在水速小于 2m/s 时为 $3 \sim 5 \times 10^3 \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$,与蒸汽凝结放热系数 ($15 \times 10^3 \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$) 相比较小,因此需要较大的换热面积,存在空气预热器的体积较大,投资成本较高的问题。此外,该专利一中送入空气预热器中的锅炉给水为高温 (215 $^\circ\text{C}$)、高压 (12.0MPa) 水,经热水-空气预热器换热后水温降至 90 $^\circ\text{C}$ 左右进入烟气冷却器,由于热水-空气预热器受热面积大,管子长,因此,热水-空气预热器需要克服较高的水阻力,给水泵电耗较高,运行成本较高。因生物质发电上网电价高,自用电增加,对生物质发电机组尤为不利。

[0004] 此外,防止空气预热器低温腐蚀的常用方法还有加装暖风器和采用热风再循环。热风再循环是将空气预热器出口的部分热风与冷风混合,从而提高进入空气预热器的空气温度,可有效防止空气预热器的低温腐蚀,但经济性不如暖风器。暖风器又叫前置式空气预热器,主要利用汽轮机低压缸抽汽或其他热源加热冷空气,以提高空气预热器入口的空气温度,防止低温腐蚀的发生,是一种较为常用的方法。

发明内容

[0005] 本发明提出一种利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统及方法,为克服现有技术中采用锅炉高温高压给水作为热源预热空气,空气预热器占地面积大,同时空气预热器承受高温高压,水泵电耗大,投资及运行成本高,对生物质发电机组尤为不利的问题。

[0006] 本发明采用热水作为烟气冷却器的换热介质,与烟气换热得到汽、水混合物,经汽水分离后,饱和蒸汽作为蒸汽-空气换热器的热源预热空气。

[0007] 本发明为解决上述问题,采取如下技术方案实现:

[0008] 利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统,所述的利用相变换热避免空气预

热器低温腐蚀的系统包括烟气冷却器、汽水分离器、汽包、蒸汽-空气换热器、空气预热器、锅炉烟道、低压循环泵、混合器和安全阀,锅炉烟道布置在锅炉烟气出口处,所述的烟气冷却器中的汽、水混合物出口通过管道与布置在汽包内的汽水分离器入口相连,汽包上方设置有安全阀,汽包蒸汽出口通过蒸汽管道与蒸汽-空气换热器蒸汽入口相连,蒸汽-空气换热器凝结水出口及汽包的下降管均与混合器相连,混合器通过低压循环泵与烟气冷却器热水入口相连,蒸汽-空气换热器的换热空气出口通过管路与空气预热器入口相连,空气预热器和烟气冷却器由上至下布置在锅炉烟道内。

[0009] 利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统实现避免空气预热器低温腐蚀的方法,所述的方法步骤是:

[0010] 步骤一:工质水在烟气冷却器内加热得到汽、水混合物,加热温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$, 压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$, 该汽、水混合物经烟气冷却器汽、水混合物出口及汽、水混合物管道进入布置在汽包内的汽水分离器内,经汽水分离器进行蒸汽和水的分离,得到压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$, 温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的饱和蒸汽,饱和蒸汽通过蒸汽管道送入蒸汽-空气换热器内与空气换热,空气被加热至 $80 \sim 90^{\circ}\text{C}$;

[0011] 步骤二:一方面,经步骤一加热后的空气送入空气预热器内与热烟气换热,得到 $200 \sim 220^{\circ}\text{C}$ 的高温空气,该高温空气送入锅炉内助燃;另一方面,步骤一中的饱和蒸汽在蒸汽-空气换热器内经相变换热后得到的凝结水与汽包内的压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$ 、温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的饱和水在混合器内汇合,然后经低压循环泵送入烟气冷却器内与烟气换热,换热后的烟气温度为 $120 \sim 140^{\circ}\text{C}$,饱和水经换热后得到压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$ 、温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的汽、水混合物,然后将该汽、水混合物送入汽包内,依次重复上述步骤,构成一个封闭循环过程。

[0012] 本发明与现有技术相比的有益效果

[0013] 1、节省设备投资:所述的专利一所用空气预热器为热水-空气换热器,热源为高温高压热水(温度为 215°C 、压力为 12.0MPa),因热水-空气换热系数低于蒸汽凝结放热换热系数,故该设备承受高压,投资较高。而本系统及方法所涉及的蒸汽-空气预热器,热源为低压蒸汽,蒸汽-空气换热属于相变换热,蒸汽侧的换热系数可达 $15 \times 10^3 \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$, 因此,换热面积减小,蒸汽-空气预热器体积较小,投资降低。

[0014] 2、减少水泵电耗:所述的专利一是输送高温高压(温度为 215°C 、压力为 12.0MPa) 热水至空气预热器与空气换热,因此需要高压泵克服较高阻力,电耗较高,本系统所涉及的蒸汽-空气换热器的热源为饱和蒸汽(温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$, 压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$), 压力很低,因此输送过程中泵耗相对于专利一要低 30% 以上。

[0015] 3、提高锅炉热效率:本发明实质是利用汽包压力下的饱和水(饱和水温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$, 压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$) 作为换热介质,吸收烟气冷却器中烟气所释放的热量得到汽、水混合物,经汽水分离后得到的饱和蒸汽在蒸汽-空气换热器内凝结成水,然后利用该部分气化潜热加热空气,提高空气预热器入口空气温度至 $80 \sim 90^{\circ}\text{C}$, 使空气预热器管壁温度高于烟气露点温度,彻底解决空气预热器低温腐蚀问题,同时降低烟气冷却器出口温度至 $120 \sim 140^{\circ}\text{C}$, 提高锅炉热效率。

[0016] 4、节约用水:烟气冷却器、汽包和蒸汽-空气换热器通过管道形成一个封闭回路,可实现水-汽的闭式循环利用,不消耗水,节约用水。

附图说明

[0017] 图 1 为本发明的利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统的结构示意图。

具体实施方式

[0018] 具体实施方式一：如图 1 所示，利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统，所述的利用相变换热避免空气预热器低温腐蚀的系统包括烟气冷却器 1、汽水分离器 2、汽包 3、蒸汽-空气换热器 4、空气预热器 5、锅炉烟道 6、低压循环泵 7、混合器 8 和安全阀 9，锅炉烟道 6 布置在锅炉烟气出口处，所述的烟气冷却器 1 中的汽、水混合物出口通过管道与布置在汽包 3 内的汽水分离器 2 入口相连，汽包 3 上方设置有安全阀 9，汽包 3 蒸汽出口通过蒸汽管道 11 与蒸汽-空气换热器 4 蒸汽入口相连，蒸汽-空气换热器 4 凝结水出口及汽包 3 的下降管 10 均与混合器 8 相连，混合器 8 通过低压循环泵 7 与烟气冷却器 1 热水入口相连，蒸汽-空气换热器 4 的换热空气出口通管路与空气预热器 5 入口相连，空气预热器 5 和烟气冷却器 1 由上至下布置在锅炉烟道 6 内。

[0019] 蒸汽-空气换热器 4 的作用是利用蒸汽与空气换热，以提高空气预热器 5 入口的空气温度，使空气预热器管壁温度高于烟气露点温度，避免空气预热器的低温腐蚀。

[0020] 优选的是所述的烟气冷却器 1 的结构为 H 型鳍片管、螺旋鳍片管束（扩大换热面积）或光管管束（防止管束积灰，利于清灰）。优选的是所述的蒸汽-空气换热器 4 的内部设有螺旋鳍片管束（以扩大换热面积）。所述的锅炉为燃生物质锅炉或燃煤（硫含量 1% 以上）锅炉。所述的生物质为农业废弃物（如各类秸秆）或林业废弃物（如木屑、树枝、树皮等）。

[0021] 具体实施方式二：如图 1 所示，利用具体实施方式一所述的系统实现避免空气预热器低温腐蚀的方法，所述的方法步骤是：

[0022] 步骤一：工质水在烟气冷却器 1 内加热得到汽、水混合物，加热温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$ ，压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$ ，该汽、水混合物经汽水分离器 2 进行蒸汽和水的分离，得到压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$ ，温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的饱和蒸汽，饱和蒸汽通过蒸汽管道 11 送入蒸汽-空气换热器 4 内与空气换热，空气被加热至 $80 \sim 90^{\circ}\text{C}$ ；

[0023] 步骤二：一方面，经步骤一加热后的空气送入空气预热器 5 内与热烟气换热，得到 $200 \sim 220^{\circ}\text{C}$ 的高温空气，该高温空气送入锅炉内助燃，可节省锅炉燃料 $0.5 \sim 2.5\%$ ；另一方面，步骤一中的饱和蒸汽在蒸汽-空气换热器 4 内经相变换热后得到的凝结水与汽包 3 内的压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$ 、温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的饱和水在混合器 8 内汇合，然后经低压循环泵 7 送入烟气冷却器 1 内与烟气换热，换热后的烟气温度为 $120 \sim 140^{\circ}\text{C}$ ，饱和水经换热后得到压力为 $0.11 \sim 0.20\text{MPa}$ 、温度为 $102 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的汽、水混合物，然后将该汽、水混合物送入汽包 3 内，依次重复上述步骤，构成一个封闭循环过程。

[0024] 实施例 1

[0025] 如图 1 所示：以 30MW 生物质锅炉为例，当烟气露点温度低于 95°C 时：工质（水）在烟气冷却器 1 内加热得到汽、水混合物，加热温度为 102°C ，压力为 0.11MPa ，该汽、水混合物经汽水分离器 2 进行汽、水分离，得到该压力及温度下的饱和蒸汽和饱和水，饱和蒸汽（压力 0.11MPa ，温度 102°C ）通过蒸汽管道 11 送入蒸汽-空气换热器 4 内与空气换热，

空气加热至 87 ~ 90℃, 该热空气送入空气预热器 5 内与热烟气换热, 得到 215 ~ 220℃ 的高温空气, 该高温空气送入锅炉内助燃, 可节省锅炉燃料 2.0 ~ 2.5%, 饱和蒸汽 (压力为 0.11MPa, 温度为 102℃) 在蒸汽 - 空气换热器 4 内经相变换热后得到饱和水 (压力为 0.11MPa, 温度为 102℃), 该饱和水与汽包 3 内的凝结水 (压力为 0.11MPa, 温度为 102℃) 在混合器 8 内汇合, 经低压循环泵 7 送入烟气冷却器 1 内与烟气换热, 换热后的烟气温度为 120 ~ 125℃, 饱和水经换热后得到压力为 0.11MPa、温度为 102℃ 的汽、水混合物, 该汽、水混合物送入汽水分离器 2, 如此构成一个封闭循环, 可提高锅炉效率 2.0 ~ 2.5%。

[0026] 实施例 2

[0027] 如图 1 所示: 以 30MW 生物质锅炉为例, 当烟气露点温度范围为 95 ~ 100℃ 时: 工质 (水) 在烟气冷却器 1 内加热得到汽、水混合物, 加热温度为 105℃, 压力为 0.12MPa, 该汽、水混合物经汽水分离器 2 进行汽、水分离, 得到该压力下的饱和蒸汽和饱和水, 饱和蒸汽 (压力为 0.12MPa, 温度为 105℃) 通过蒸汽管道 11 送入蒸汽 - 空气换热器 4 内与空气换热, 空气加热至 85 ~ 87℃, 该热空气送入空气预热器 5 与热烟气换热, 得到 210 ~ 215℃ 的高温空气, 该高温空气送入锅炉内助燃, 可节省锅炉燃料 1.5 ~ 2.0%, 饱和蒸汽 (压力为 0.12MPa, 温度为 105℃) 在蒸汽 - 空气换热器 4 内经相变换热后得到饱和水 (压力为 0.12MPa, 温度为 105℃), 该饱和水与汽包 3 内的凝结水 (压力为 0.12MPa, 温度为 105℃) 在混合器 8 内汇合, 经低压循环泵 7 送入烟气冷却器 1 与烟气换热, 换热后的烟气温度为 125 ~ 130℃, 饱和水经换热后得到压力为 0.12MPa、温度为 105℃ 的汽、水混合物, 该汽、水混合物送入汽水分离器 2, 如此构成一个封闭循环。可提高锅炉效率 1.5 ~ 2.0%。

[0028] 实施例 3

[0029] 如图 1 所示: 以 30MW 生物质锅炉为例, 当烟气露点温度范围为 100 ~ 110℃ 时: 工质 (水) 在烟气冷却器 1 内加热得到汽、水混合物, 加热温度为 115℃, 压力为 0.17MPa, 该汽、水混合物经汽水分离器 2 进行汽、水分离, 得到该压力下的饱和蒸汽和饱和水, 饱和蒸汽 (压力为 0.17MPa, 温度为 115℃) 通过蒸汽管道 11 送入蒸汽 - 空气换热器 4 内与空气换热, 空气加热至 83 ~ 85℃, 该热空气送入空气预热器 5 与热烟气换热, 得到 205 ~ 210℃ 的高温空气, 该高温空气送入锅炉内助燃, 可节省锅炉燃料 1.0 ~ 1.5%, 饱和蒸汽 (压力为 0.17MPa, 温度为 115℃) 在蒸汽 - 空气换热器 4 内经相变换热后得到饱和水 (压力为 0.17MPa, 温度为 115℃), 该饱和水与汽包 3 内的凝结水 (压力为 0.17MPa, 温度为 115℃) 在混合器 8 内汇合, 经低压循环泵 7 送入烟气冷却器 1 内与烟气换热, 换热后的烟气温度为 130 ~ 135℃, 饱和水经换热后得到压力为 0.17MPa、温度为 115℃ 的汽、水混合物, 该汽、水混合物送入汽水分离器 2, 如此构成一个封闭循环。可提高锅炉效率 1.0 ~ 1.5%。

[0030] 实施例 4

[0031] 如图 1 所示: 以 30MW 生物质锅炉为例, 当烟气露点温度范围为 110 ~ 115℃ 时: 工质 (水) 在烟气冷却器 1 内加热得到汽、水混合物, 加热温度为 120℃, 压力为 0.20MPa, 该汽、水混合物经汽水分离器 2 进行汽、水分离, 得到该压力下的饱和蒸汽和饱和水, 饱和蒸汽 (压力为 0.20MPa, 温度为 120℃) 通过蒸汽管道 11 送入蒸汽 - 空气换热器 4 内与空气换热, 空气加热至 80 ~ 83℃, 该热空气送入空气预热器 5 与热烟气换热, 得到 200 ~ 205℃ 的高温空气, 该高温空气送入锅炉内助燃, 可节省锅炉燃料 0.5 ~ 1.0%, 饱和蒸汽 (压力为 0.20MPa, 温度为 120℃) 在蒸汽 - 空气换热器 4 内经相变换热后得到饱和水 (压力为

0.20MPa,温度为120℃),该饱和水与汽包3内的凝结水(压力为0.20MPa,温度为120℃)在混合器8内汇合,经低压循环泵7送入烟气冷却器1内与烟气换热,换热后的烟气温度为135~140℃,饱和水经换热后得到压力为0.20MPa、温度为120℃的汽、水混合物,该汽、水混合物送入汽水分离器2,如此构成一个封闭循环。可提高锅炉效率0.5~1.0%。

[0032] 系统的工作原理

[0033] 工质(水)经烟气冷却器1加热至汽、水混合物(压力为0.11~0.20MPa),然后在汽包3内经汽水分离器2得到饱和蒸汽和饱和水,饱和蒸汽通过蒸汽管道11进入蒸汽-空气预热器4内与空气换热,换热后得到的热空气(温度为80~90℃)送入空气预热器5与热烟气继续进行换热,可提高空气预热器5的壁温至露点温度以上,避免了空气预热器5低温腐蚀,得到的高温空气送入锅炉内助燃,节省锅炉燃料;汽包3的饱和水经下降管10和蒸汽-空气换热器4的凝结水在混合器8内汇合,经低压循环泵7送回至烟气冷却器1继续与烟气换热,得到压力为0.11~0.20MPa的汽、水混合物,重复上述步骤,完成循环过程。该过程中,根据烟气露点温度调节汽包压力在0.11~0.20MPa,使烟气冷却器的壁温高于烟气露点,避免烟气冷却器低温腐蚀。

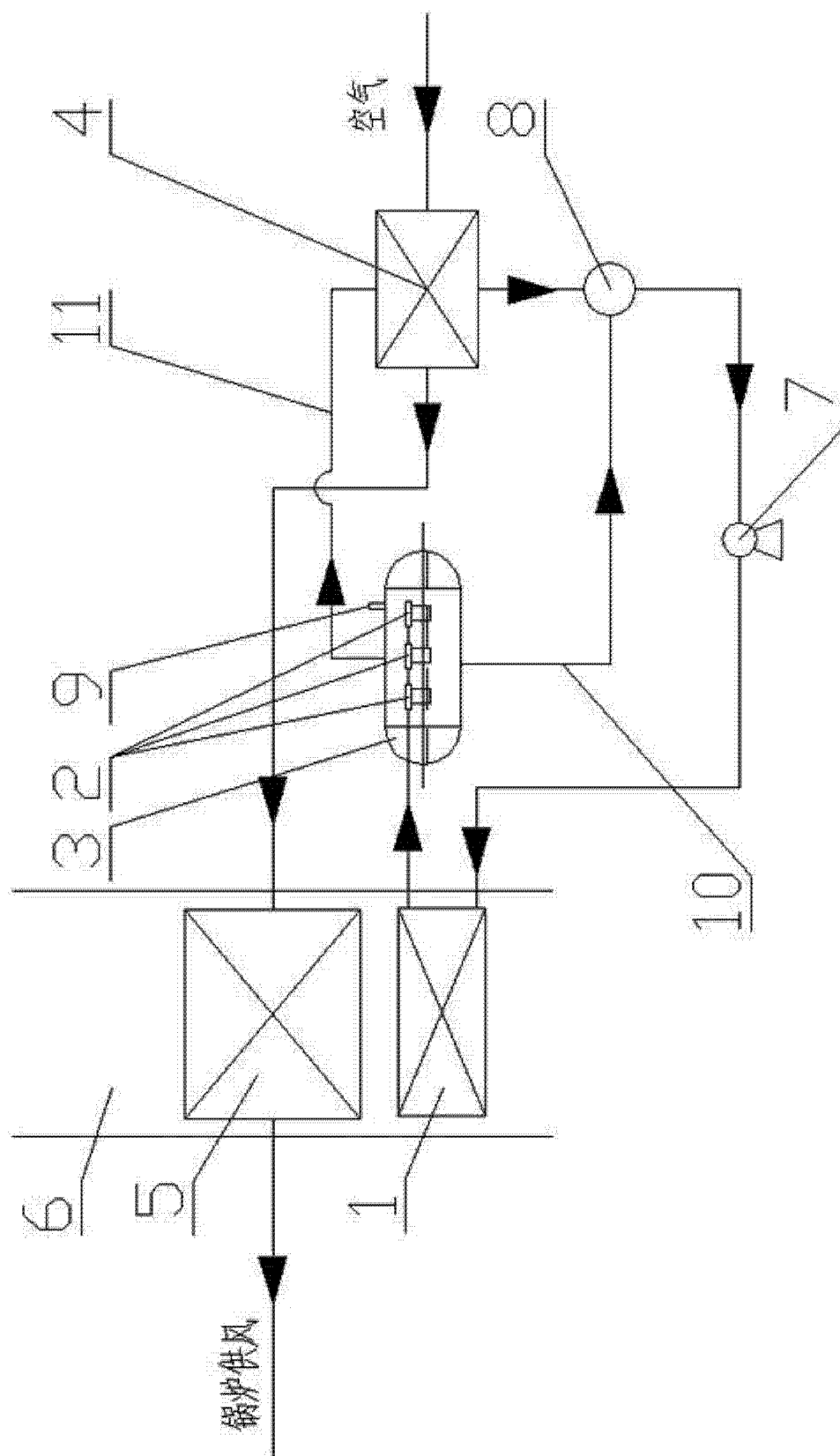


图 1