



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102444901 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 09

(21) 申请号 201110393413. 7

(22) 申请日 2011. 11. 30

(71) 申请人 辽宁赛沃斯节能技术有限公司

地址 110013 辽宁省沈阳市沈河区北站路
57 号 D 座 18 层

(72) 发明人 陈建勤 王昌鑫 陈松 张林
任政君

(74) 专利代理机构 北京中恒高博知识产权代理
有限公司 11249

代理人 姜万林

(51) Int. Cl.

F23J 15/06 (2006. 01)

F23L 15/00 (2006. 01)

F22D 1/00 (2006. 01)

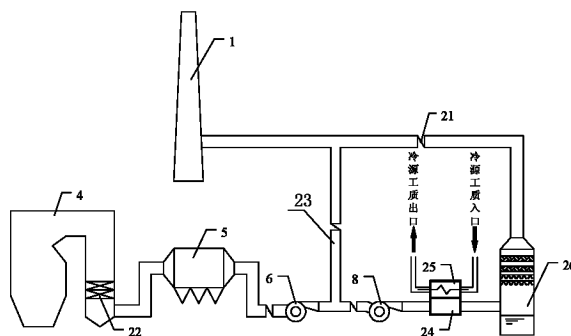
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 5 页

(54) 发明名称

一种煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法,该系统包括依次通过管道配合连接的锅炉、除尘器、引风机、增压风机、组合式热管换热器组件、脱硫塔与烟囱;该方法包括:在煤电厂的烟道系统中,增设组合式热管换热器组件,对烟道系统的热量与水汽进行回收处理;在烟道系统的引风机与增压风机之间,引出旁路烟道,连接至烟道系统的脱硫塔与烟囱之间。本发明所述煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法,可以克服现有技术中节能性差、环保性差、成本高、可靠性差与占用空间大等缺陷,以实现节能性好、环保性好、成本低、可靠性好、占用空间小与应用范围广的优点。



1. 一种煤电厂组合式热管烟气余热回收系统,其特征在于,包括依次通过管道配合连接的锅炉、除尘器、引风机、增压风机、组合式热管换热器组件、脱硫塔与烟囱。

2. 根据权利要求1所述的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统,其特征在于,在水平方向上,所述组合式热管换热器组件包括自左向右依次配合设置的翅片式热管换热器、可控式热管换热器与耐腐热管换热器。

3. 根据权利要求2所述的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统,其特征在于,在竖直方向上,所述组合式热管换热器组件包括上部和下部,上部为冷源工质侧,下部为烟气侧,在冷源工质侧与烟气侧之间设有隔板;

在所述烟气侧,设有用于与增压风机连接的烟气侧入口、用于与脱硫塔连接的烟气侧出口、以及与可控式热管换热器配合连接的蒸汽连通管;在所述蒸汽连通管上,设有调节阀;

在所述冷源工质侧,设有用于输入冷源工质的冷源工质侧入口、用于输出冷源工质的冷源工质侧出口、以及与可控式热管换热器配合连接的冷凝水连通管。

4. 根据权利要求1-3中任一项所述的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统,其特征在于,该系统还包括旁路烟道;所述旁路烟道,自引风机与增压风机之间引出,连接至脱硫塔与烟囱之间。

5. 根据权利要求4所述的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统,其特征在于,该系统还包括第一至四挡板,所述第一挡板连接在脱硫塔与烟囱之间,第二挡板连接在除尘器与风机之间,第三挡板设置在旁路烟道中,第四挡板设置在旁路烟道与增压风机之间。

6. 根据权利要求5所述的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统,其特征在于,在所述锅炉中,靠近连接至除尘器的管道,配合设有空气预热器。

7. 一种与权利要求1所述的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统相配套的煤电厂组合式热管烟气余热回收方法,其特征在于,包括:

在煤电厂的烟道系统中,增设组合式热管换热器组件,对烟道系统的热量与水汽进行回收处理;

在烟道系统的引风机与增压风机之间,引出旁路烟道,连接至烟道系统的脱硫塔与烟囱之间。

8. 根据权利要求7所述的煤电厂组合式热管烟气余热回收方法,其特征在于,所述组合式热管换热器组件,配合设置在烟道系统的增压风机与脱硫塔之间,对增压风机与脱硫塔之间的烟气中的热量与水汽进行回收处理。

9. 根据权利要求8所述的煤电厂组合式热管烟气余热回收方法,其特征在于,在水平方向上,所述组合式热管换热器组件包括自左向右依次配合设置的翅片式热管换热器、可控式热管换热器与耐腐热管换热器;

在竖直方向上,所述组合式热管换热器组件包括上部和下部,上部为冷源工质侧,下部为烟气侧,在冷源工质侧与烟气侧之间设有隔板;

在所述烟气侧,设有用于与增压风机连接的烟气侧入口、用于与脱硫塔连接的烟气侧出口、以及与可控式热管换热器配合连接的蒸汽连通管;在所述蒸汽连通管上,设有调节阀;

在所述冷源工质侧,设有用于输入冷源工质的冷源工质侧入口、用于输出冷源工质的

冷源工质侧出口、以及与可控式热管换热器配合连接的冷凝水连通管。

10. 根据权利要求 7-9 中任一项所述的煤电厂组合式热管烟气余热回收方法,其特征
在于,该方法、以及与方法相配套的系统,能够应用于汽机回热系统、除盐水系统、供热系
统、以及空气预热系统。

一种煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及煤电厂节能环保技术领域,具体地,涉及一种煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法。

背景技术

[0002] 近年来,我国能源需求呈刚性增长,受国内资源保障能力和环境容量制约以及全球性能源安全和应对气候变化影响,资源环境约束日趋强化,节能减排面临的形势十分严峻。

[0003] 根据我国“十二五”规划提出的节能减排目标的要求。在节能方面,到 2015 年,全国万元国内生产总值能耗下降到 0.869 吨标准煤(按 2005 年价格计算),比 2010 年的 1.034 吨标准煤下降 16%，“十二五”期间,实现节约能源 6.7 亿吨标准煤。在减排方面,到 2015 年,全国化学需氧量和二氧化硫排放总量分别控制在 2347.6 万吨、2086.4 万吨,比 2010 年分别下降 8%;全国氨氮和氮氧化物排放总量分别控制在 238.0 万吨、2046.2 万吨,比 2010 年分别下降 10%。国家“十二五”规划目标的实现,需要全国各行各业积极应对,深入挖潜,加大节能减排工作力度,尤其是作为能耗大户的电力行业。而电力行业锅炉燃煤的消耗在整个国民能耗中占有很大的比例,正因为如此,各种能量回收设备在锅炉燃烧系统中越来越广泛的被应用。

[0004] 目前,从锅炉的各项热损失中可知,排烟热损失是其中最大的一项,一般为锅炉效率的 5~8%,而且随着锅炉运行年限的增加,此项损失甚至更高,可达 10~15% 左右。因此,烟气余热回收技术是节能效益最为明显、见效最快的节能技术。它将排烟损失中部分能量回收利用,以此来提高锅炉效率,进而提高能源利用率,降低生产成本,同时也是减少污染物排放,保护环境最直接、经济的手段。另外,根据国家环保政策的要求,燃煤锅炉必须具备烟气脱硫系统。迄今为止,国内外已应用的有数种烟气脱硫技术,不过大型火电厂机组烟气脱硫均以石灰石—石膏湿法技术为主,由于其脱硫效率高、稳定性好的特点,且已成为我国燃煤电厂烟气脱硫的首选工艺。

[0005] 但是,石灰石—石膏湿法脱硫工艺中运行温度较低,离锅炉设计排烟温度较远,通常在脱硫系统中需要采用喷水的方式来冷却烟温,这样不仅损失了排烟温度与脱硫温度之间烟气的热量,而且增加了电厂的用水量,同时也增加了净烟气中的水汽含量,烟气排放量的增加还影响电厂周围环境的环保状况;由以上分析可知,在燃煤锅炉进行湿法脱硫的过程中,锅炉出口的烟气热量基本都没有回收利用,而且增加了运行能耗和环保排放的压力,因此,需要一种烟气冷却技术来解决余热回收和环保排放的问题。

[0006] 可见,根据电力行业燃煤锅炉实际运行的这种状况,需要研发一种烟气冷却余热回收技术,来回收锅炉设计排烟温度到脱硫工艺温度之间的热量,从而达到电厂节能减排和降低环境污染的要求。因此,采用烟气低温余热回收技术,充分利用烟气进吸收塔前的余热,已经成为电力系统当前节能减排的一个重要课题。

[0007] 在火电厂燃煤锅炉烟气系统脱硫塔前的区域,进行烟气低温余热回收利用,烟气

温度可降到酸露点以下,因此烟气余热回收设备的耐腐蚀或黏结积灰的影响是主要需要解决的技术问题。目前,在该区域应用的烟气余热回收技术,通常是采用经过改进的低压省煤器技术,即螺旋翅片管换热器技术;以及因其系统连接和循环方式不同而演变出的其他应用技术,如锅炉烟气深度冷却余热回收系统(具体可参见公开号为 CN101709879A 的专利文献)。

[0008] 此项技术典型的系统,如图 1 所示,包括烟囱 1、FGD 出门挡板 2 (即双百叶窗式挡板门)、1 号吸收塔 3、锅炉 4、除尘器 5、引风机 6、FGD 进门挡板 7 (即双百叶窗式挡板门)、增压风机 8、烟气冷却器 9、氧化风机 10、低压缸 11、发电机 12、JD6 (即 #6 低压加热器) 13、JD7 (即 #7 低压加热器) 14、JD8 (即 #8 低压加热器) 15、凝结水泵 16 与凝汽器 17;锅炉 4、除尘器 5、引风机 6、FGD 进门挡板 7、增压风机 8、烟气冷却器 9 与 1 号吸收塔 3,依次通过管道配合连接;氧化风机 10、1 号吸收塔 3、FGD 出门挡板 2 与烟囱 1,依次通过管道配合连接;中压缸、低压缸 11、凝汽器 17、凝结水泵 16、JD8 15、JD7 14、JD6 13 与 JD1 (即 #1 低压加热器),依次通过管道配合连接,发电机 12 配合连接至低压缸 11 转子;在 JD8 15 与 JD7 14 之间,引出一条管道,连接至烟气冷却器 9;并从烟气冷却器 9,引出另一条管道,连接至 JD7 14 与 JD6 13 之间;在 JD8 15 与烟气冷却器 9 之间,装有第一阀门;在 JD7 14 与 JD6 13 之间,装有第二阀门;在烟气冷却器 9 与 JD6 13 之间,装有第三阀门。

[0009] 在图 1 所示的系统中,是在增压风机 8 和 1 号吸收塔 3 前的烟道内,增加一套气-液式螺旋翅片管换热器(烟-水换热器),其水侧并联在汽机回热系统某级低压加热器上,从某级低加进口引出部分或全部冷凝水,送往烟水换热器吸收排烟热量,降低排烟温度,而自身却被加热、升高温度后再返回低压加热器系统,在该级低加的出口与剩下的凝结水汇集后进入到下一级低加。由于其系统并联在加热器回路之中,代替部分低压加热器的作用,所以也是汽轮机热力系统的一个组成部分(参见上海外高桥第三发电厂烟气余热回收项目总结报告)。

[0010] 上述技术是在传统的低压省煤器的基础上研发出来的,主要从螺旋翅片管的材质和加热凝结水温度方面,进行了以下改进:

(1)采用耐腐蚀材料 ND 钢(即 09CrCuSb 钢)作为受热面管材。但实践证明,ND 钢耐腐蚀寿命仅为普通碳钢的 3~4 倍,并且由于在复杂的烟气环境中,不仅存在 SO_3^- 、 SO_4^- 、还存在 F^- 、 Cl^- ,这样多酸腐蚀的条件下,ND 钢只能延缓腐蚀,不能抵御腐蚀;

(2)加热凝结水从酸露点之上,调整到了酸露点下与水露点上之间的低速腐蚀区域。此区域温度区间较小,当锅炉变工况运行时,凝结水流量调节较大,容易偏离整个回热加热系统的最佳经济工况,造成余热回收的节能效益下降,同时凝结水的分流过量也容易影响低压加热器的运行安全。另外,当电厂燃用煤种发生变化时,低速腐蚀区域将偏离设计工况,原设计凝结水取水点的温度变化范围很难适应工况调整。

[0011] 而且,低压省煤器技术,仍有一些问题存在,例如:

(1)低压省煤器技术加热工质单一。由于进入低压省煤器系统的工质温度有一定的要求,调节余量较小,选取工质时,只能从汽机凝结水系统在某台低压加热器进口或出口的位置上引出凝结水作为水源。也就是说,低压省煤器无法直接加热其他工质,将烟气的热量回收到电厂其他更需要余热的系统中;

(2)低压省煤器技术利用的是显热传递方式回收热量,比潜热传递回收效率要低几个数

量级,同时加热工质的进口温度要求较高,由于冷媒的高入口温度限制了换热设备的传热温差,因此,在回收热量相同的情况下,较小的传热温差,较低的传热效率决定了需要设计时采取较大的换热面积,不仅增大了布置空间,还增加了设备投资;

(3)低压省煤器为了节省布置空间,仍然采用螺旋翅片管,而在烟气结露区域难免有黏结积灰的存在,这些积灰通常会在翅片间隔处沉积难以清理,即使安装吹灰装置也很难清除,久而久之,必将影响换热效率,还会导致管壁周围酸浓度增大,腐蚀加剧增强;

(4)低压省煤器是由进、出口联箱连接的蛇型管排,为一个整体式换热器,如果管束有一点发生腐蚀泄漏,整个系统必须立即停止工作,若整个系统又没有及时隔离,将会使大量的汽水漏入烟气系统当中,致使后续设备积灰、腐蚀,风机负荷增大,电耗增加,严重时导致脱硫系统无法运行。

[0012] 综上所述,在实现本发明的过程中,发明人发现现有技术中至少存在以下缺陷:

(1)节能性差:在燃煤锅炉进行湿法脱硫的过程中,锅炉出口的烟气热量基本都没有回收利用,还增加了运行能耗;

在低压省煤器技术中,由于低压省煤器无法直接加热其他工质,也就无法将烟气的热量回收到电厂其他更需要余热的系统中;利用显热传递方式回收热量,比潜热传递回收效率要低几个数量级;为了节省布置空间,仍采用螺旋翅片管,在烟气结露区域难免有黏结积灰的存在、且难以清理,影响换热效率;

(2)环保性差:在燃煤锅炉进行湿法脱硫的过程中,运行能耗和环保排放压力均较大;

(3)成本高:在低压省煤器技术中,利用显热传递方式回收热量,加热工质的进口温度要求较高,而冷媒的高入口温度限制了换热设备的传热温差,因此,在回收热量相同的情况下,较小的传热温差,较低的传热效率需要采取较大的换热面积,增加设备投资;

另外,为了节省布置空间,仍然采用螺旋翅片管,在烟气结露区域难免有黏结积灰的存在、且难以清除,会导致管壁周围酸浓度增大,腐蚀加剧增强,增加了设备维修和更换成本;

(4)可靠性差:在低压省煤器技术中,进、出口联箱连接的蛇型管排为一个整体式换热器,如果管束有一点发生腐蚀泄漏,整个系统必须立即停止工作;

同时,如果整个系统没有及时隔离,将会使大量的汽水漏入烟气系统当中,致使后续设备积灰、腐蚀,风机负荷增大,电耗增加,严重时导致脱硫系统无法运行;

(5)占用空间大:在低压省煤器技术中,利用显热传递方式回收热量,加热工质的进口温度要求较高,由于冷媒的高入口温度限制了换热设备的传热温差,因此,在回收热量相同的情况下,较小的传热温差,较低的传热效率需要采取较大的换热面积,增大布置空间。

发明内容

[0013] 本发明的目的在于,针对上述问题,提出一种煤电厂组合式热管烟气余热回收系统,以实现节能性好、环保性好、成本低、可靠性好、占用空间小与应用范围广的优点。

[0014] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:一种煤电厂组合式热管烟气余热回收系统,包括依次通过管道配合连接的锅炉、除尘器、引风机、增压风机、组合式热管换热器组件、脱硫塔与烟囱。

[0015] 进一步地,在水平方向上,所述组合式热管换热器组件包括自左向右依次配合设

置的翅片式热管换热器、可控式热管换热器与耐腐热管换热器。这里，耐腐热管换热器，可以是搪瓷热管换热器，也可以是涂覆有防腐漆的热管换热器。

[0016] 进一步地，在竖直方向上，所述组合式热管换热器组件包括上部和下部，上部为冷源工质侧，下部为烟气侧，在冷源工质侧与烟气侧之间设有隔板；

在所述烟气侧，设有用于与增压风机连接的烟气侧入口、用于与脱硫塔连接的烟气侧出口、以及与可控式热管换热器配合连接的蒸汽连通管；在所述蒸汽连通管上，设有调节阀（或控制阀）；

在所述冷源工质侧，设有用于输入冷源工质的冷源工质侧入口、用于输出冷源工质的冷源工质侧出口、以及与可控式热管换热器配合连接的冷凝水连通管。

[0017] 进一步地，上述煤电厂组合式热管烟气余热回收系统，还包括旁路烟道；所述旁路烟道，自引风机与增压风机之间引出，连接至脱硫塔与烟囱之间。

[0018] 进一步地，上述煤电厂组合式热管烟气余热回收系统，还包括第一至四挡板，所述第一挡板连接在脱硫塔与烟囱之间，第二挡板连接在除尘器 5 与风机 6 之间，第三挡板设置在旁路烟道 23 中，第四挡板设置在旁路烟道 23 与增压风机 8 之间。

[0019] 进一步地，在所述锅炉中，靠近连接至除尘器的管道，配合设有空气预热器。

[0020] 同时，本发明采用的另一技术方案是：一种与以上所述的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统相配套的煤电厂组合式热管烟气余热回收方法，包括：

在煤电厂的烟道系统中，增设组合式热管换热器组件，对烟道系统的热量与水汽进行回收处理；

在烟道系统的引风机与增压风机之间，引出旁路烟道，连接至烟道系统的脱硫塔与烟囱之间。

[0021] 进一步地，所述组合式热管换热器组件，配合设置在烟道系统的增压风机与脱硫塔之间，对增压风机与脱硫塔之间的烟气中的热量与水汽进行回收处理。

[0022] 进一步地，在水平方向上，所述组合式热管换热器组件包括自左向右依次配合设置的翅片式热管换热器、可控式热管换热器与耐腐热管换热器；

在竖直方向上，所述组合式热管换热器组件包括上部和下部，上部为冷源工质侧，下部为烟气侧，在冷源工质侧与烟气侧之间设有隔板；

在所述烟气侧，设有用于与增压风机连接的烟气侧入口、用于与脱硫塔连接的烟气侧出口、以及与可控式热管换热器配合连接的蒸汽连通管；在所述蒸汽连通管上，设有调节阀；

在所述冷源工质侧，设有用于输入冷源工质的冷源工质侧入口、用于输出冷源工质的冷源工质侧出口、以及与可控式热管换热器配合连接的冷凝水连通管。

[0023] 进一步地，以上所述的煤电厂组合式热管烟气余热回收方法，以及与该方法相配套的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统，能够应用于汽机回热系统、除盐水系统、供热系统、以及空气预热系统。

[0024] 在上述煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法中，将组合式热管换热器组件，安装在燃煤电厂（煤粉锅炉）增压风机与脱硫塔之间，回收烟气部分余热（显热）及烟气中部分水蒸气凝结释放的凝结热（潜热），最大限度的回收烟气余热；经过该煤电厂组合式热管烟气余热回收系统后的烟气，再进行脱硫得到的净烟气湿度降低，这样就减轻了除雾

器的工作负荷和烟气对烟囱的腐蚀,也减少了对环境的污染。上述煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法,具有以下特点:

(1)提高了烟气余热回收换热器的效率;在安装空间不受限的情况下,上述煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法,回收的烟气余热更多;

(2)扩大了烟气余热回收换热器的应用范围;回收的余热不仅可用于汽机回热系统,还可以用于除盐水系统、供热系统和空气预热系统等;

(3)提高了烟气余热回收换热器的安全性和可靠性;整个系统中冷热流体均在管外流动,且完全分开,单根热管独立工作,互不影响,易拆卸更换;即使单根热管失效,不影响系统继续工作,不发生冷热流体的掺杂,不会危及锅炉的运行安全;

(4)可将烟气降低到水露点以下,烟气中的灰尘会粘附在搪瓷热管表面,是本系统具有一定的除尘作用;

(5)可将烟气温度降低到 50-60℃,满足湿法脱硫工艺对烟气温度的要求,减少了为冷却烟气所需的水量,节约了大量的水资源。

[0025] 本发明各实施例的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法,由于该系统包括依次通过管道配合连接的锅炉、除尘器、引风机、增压风机、组合式热管换热器组件、脱硫塔与烟囱;该方法包括:在煤电厂的烟道系统中,增设组合式热管换热器组件,对烟道系统的热量与水汽进行回收处理;并在烟道系统的引风机与增压风机之间,引出旁路烟道,连接至烟道系统的脱硫塔与烟囱之间;采用组合式热管换热器组件,可以使整个烟道系统中冷热流体均在热管外流动,且完全分开,单根热管独立工作,互不影响,易拆卸更换;即使单根热管失效,不影响烟道系统继续工作,不发生冷热流体的掺杂,不会危及锅炉的运行安全;经过组合式热管换热器组件后的烟气再进行脱硫得到的净烟气湿度降低,有利于减轻除雾器的工作负荷和烟气对烟囱的腐蚀,并减少对环境的污染;可以应用于汽机回热系统、除盐水系统、供热系统、以及空气预热系统,在安装空间不受限的情况下,回收的烟气余热量大;从而可以克服现有技术中节能性差、环保性差、成本高、可靠性差与占用空间大的缺陷,以实现节能性好、环保性好、成本低、可靠性好、占用空间小与应用范围广的优点。

[0026] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在所写的说明书、权利要求书、以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

[0027] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0028] 附图用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明的实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。在附图中:

图 1 为基于低压省煤器技术的火电厂燃煤锅炉烟气系统的工作原理示意图;

图 2a 和图 2b 为热管的结构示意图;

图 3 为根据本发明煤电厂组合式热管烟气余热回收系统的工作原理示意图;

图 4 为根据本发明煤电厂组合式热管烟气余热回收系统的局部结构示意图;

图 5a 为根据本发明煤电厂组合式热管烟气余热回收系统中组合式热管换热器组件的主视方向的剖视图;

图 5b 为根据本发明煤电厂组合式热管烟气余热回收系统中组合式热管换热器组件的侧视图；

图 5c 为图 5a 中 E 部的局部放大示意图；

图 6 为将本发明煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法应用于汽机回热系统的工作原理示意图；

图 7 为将本发明煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法应用于除盐水系统的工作原理示意图；

图 8 为将本发明煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法应用于供热系统的工作原理示意图；

图 9 为将本发明煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法应用于空气预热系统的工作原理示意图。

[0029] 结合附图，本发明实施例中附图标记如下：

1- 烟囱，2-FGD 出门挡板，3-1 号吸收塔，4- 锅炉，5- 除尘器，6- 引风机，7-FGD 进门挡板，8- 增压风机，9- 烟气冷却器，10- 氧化风机，11- 低压缸，12- 发电机，13-JD6，14-JD7，15-JD8，16- 凝结水泵，17- 凝汽器，18- 管壳，19- 吸液芯，20- 蒸汽通道，21- 第一挡板，22- 空气预热器，23- 旁路烟道，24- 烟气侧，25- 冷源工质侧，26- 脱硫塔，27- 调节阀，28- 集气管，29- 冷源工质侧出口，30- 翅片式热管换热器，31- 可控式热管换热器，32- 耐腐热管换热器，33- 冷源工质侧入口，34- 烟气侧入口，35- 烟气侧出口，36- 冷凝水连通管，37- 蒸汽连通管，38- 除雾器，39- 除氧器，40- 换热站，41- 汽轮机，42- 送风机；43- 隔板；A- 蒸发段，B- 绝热段，C- 冷凝段，D- 吸液芯中液体回流方向。

具体实施方式

[0030] 以下结合附图对本发明的优选实施例进行说明，应当理解，此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明，并不用于限定本发明。

[0031] 系统实施例

根据本发明实施例，如图 2a- 图 5c 所示，提供了一种煤电厂组合式热管烟气余热回收系统。

[0032] 如图 3 所示，本实施例包括依次通过管道配合连接的锅炉 4、除尘器 5、引风机 6、增压风机 8、组合式热管换热器组件、脱硫塔 26 与烟囱 1。

[0033] 这里，在组合式热管换热器组件中，热管是在封闭的管壳 18 中充以工作介质、并利用介质的相变吸热和放热进行热交换的高效换热元件，热管的结构可参见图 2a 与图 2b。在图 2a 与图 2b 中，热管包括圆柱状的管壳 18，以及紧靠管壳 18、且轴向设置在管壳 18 内壁的吸液芯 19；吸液芯 19 的内部通道为蒸汽通道，吸液芯 19 中液体回流方向如图 2a 中的箭头 D 所示。在轴向上，自左向右，可以将热管均分为三段，即蒸发段 A、绝热段 B 与冷凝段 C。

[0034] 热管作为一个封闭的壳体，形状各式各样，其内表面镶套着多孔的吸液芯 19（如毛细吸液芯），吸液芯 19 浸满液相工质，其余空间则容纳着气相工质。外热源在蒸发段 A 把热量加进去，使蒸发段 A 的工质蒸发；由此造成的压差把蒸汽从蒸发段 A 驱送到冷凝段 C，在这里蒸汽进行凝结，并把汽化潜热释放出来；冷凝后的液相工质靠自身重力和毛细压力又

回到蒸发段 A, 重新进行蒸发。这样, 热管连续不断的把汽化潜热从蒸发段传送到冷凝段 C, 而不烧干吸液芯。只要工质流动通道不被阻塞, 并保证液相工质能回到蒸发段, 这个过程就将继续进行下去。

[0035] 在上述实施里中, 煤电厂组合式热管烟气余热回收系统还包括旁路烟道 23、第一挡板 21、第二挡板、第三挡板、第四挡板与空气预热器 22; 其中, 旁路烟道 23, 自引风机 6 与增压风机 8 之间引出, 连接至脱硫塔 26 与烟囱 1 之间; 第一挡板 21 连接在脱硫塔 26 与烟囱 1 之间, 第二挡板连接在除尘器与风机之间, 第三挡板设置在旁路烟道中, 第四挡板设置在旁路烟道与增压风机之间, 空气预热器 22 配合设置在锅炉 4 中、且靠近连接至除尘器 5 的管道。

[0036] 如图 4、图 5a- 图 5c 所示, 在水平方向上, 上述组合式热管换热器组件包括自左向右依次配合设置的翅片式热管换热器 30、可控式热管换热器 31 与耐腐热管换热器 32。在竖直方向上, 该组合式热管换热器组件包括上部和下部, 上部为冷源工质侧 25, 下部为烟气侧 24, 在冷源工质侧 25 与烟气侧 24 之间设有隔板 43。

[0037] 在烟气侧 24, 设有用于与增压风机 8 连接的烟气侧入口 34、用于与脱硫塔 26 连接的烟气侧出口 35、以及与可控式热管换热器 31 配合连接的蒸汽连通管 37; 在蒸汽连通管 37 上, 设有调节阀 27; 与调节阀 27 相配合, 还设有与蒸汽连通管 37 连通的集气管 28。在冷源工质侧 25, 设有用于输入冷源工质的冷源工质侧入口 33、用于输出冷源工质的冷源工质侧出口 29、以及与可控式热管换热器 31 配合连接的冷凝水连通管 36。

[0038] 在上述实施例中, 煤电厂组合式热管烟气余热回收系统, 主要利用热管技术, 对煤粉炉排出的烟气余热及水分进行回收处理。

[0039] 在煤电厂组合式热管烟气余热回收系统中, 组合式热管换热器组件的主要工作过程如下:

(1) 第一部分: 采用翅片式热管换热器 30 回收烟气余热, 将烟气温度降低到酸露点之上, 保证此部分不会被酸露腐蚀。为防止积灰, 在设计上保证烟气流速在 8-10m/s, 对翅片式热管换热器 30 具有一定的自清灰能力, 同时可在烟气侧加装吹灰器, 定期清灰;

(2) 第二部分: 可控式热管换热器 31, 加入一套系统使热管壁温可控, 控制在露点温度以上 (5-10℃); 将每根热管的蒸发段分别与集气管相连, 在集气管的出口加一个调节阀, 从而实现热管壁温的可调可控; 控制此部分热管换热器的壁温略高于酸露点 (5-10℃), 保证此部分不被酸露腐蚀, 防止积灰措施同第一部分;

(3) 第三部分: 搪瓷光管热管组成烟气余热回收系统的最后部分, 在此部分将烟气温度降低到水露点之下, 这样可最大限度回收烟气的显热并且可回收烟气中部分水蒸气的凝结热。搪瓷用来防止换热器酸露腐蚀, 即在普通碳钢管外涂一层耐酸搪瓷。由于搪瓷层很薄, 一般厚度在 0.3mm, 因此与碳钢结合紧密, 对传热效果影响很小。搪瓷管的传热系数大于等于 48.3W/(m²·℃), 与碳钢管相比, 传热系数相对降低率小于 7.14%; 由于将烟气温度降低到水露点以下, 部分水凝结在搪瓷表面后积灰会粘附在上面, 根据搪瓷表面光滑的特点可采用喷水方式进行清灰。

[0040] 在上述实施例中, 组合式热管换热器组件属于间接式换热器, 一般加装在燃煤电厂锅炉烟气系统增压风机 8 与脱硫塔 26 之间的烟道区域内, 其烟气侧 24 与原系统烟道串联, 被加热工质侧 (即冷源工质侧 25) 与电厂内的任一热力系统管道并联。其中, 被加热工

质可为电厂内任一需加热的工作介质(如除盐水、凝结水、供暖水、锅炉送风等)。

[0041] 在锅炉运行期间,从电厂内某热力系统分流出来的全部或部分工质,经过组合式热管换热器组件吸收锅炉排烟中的热量,以此提高自身的温度,升高温度的工质再与原热力系统管道内的工质汇合,将锅炉排烟中的热量传送到热力系统当中,从而代替了热力系统中需蒸汽加热提供的部分热量,降低了电厂的自耗汽量。同时,在锅炉 4 的烟气侧 24,从锅炉 4 尾部受热面空气预热器 22 出来的热烟气,经除尘器 5 除尘、增压风机 8 升压后,进入到组合式热管换热器组件中,将其热量释放给被加热工质,换热后的烟气温度大幅度降低,满足了脱硫反应需要的工艺温度要求,会直接进入脱硫塔 26 内进行高效率脱硫,而脱硫后的低温洁净烟气经烟囱 1 排入到大气当中。

[0042] 例如,某 300MW 亚临界机组锅炉为 1025t/h 煤粉锅炉,锅炉效率为 91.27%,增压风机 8 后排烟温度为 130℃,烟气量为 $102.98 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{h}$ 。在增压风机 8 和脱硫塔 26 之间加装燃煤电厂(煤粉炉)组合式热管换热器组件,将烟气温度降低到 80℃,回收的烟气余热用来加热回热系统,可使 393t/h 凝结水从 45℃,加热到 75℃,每小时回收 49.58GJ 热量,节约 1.844tce/h,降低发电标准煤耗 2.64gce/kwh,按年运行 5000 小时计算,年可节约标煤 9220tce,减少 CO₂ 排放量 24156t,SO₂ 排放量 78t,NO_x 排放量 68t。

[0043] 又如,某 300MW 亚临界机组锅炉为 1025t/h 煤粉锅炉,锅炉效率为 91.27%,增压风机后排烟温度为 130℃,烟气量为 $102.98 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{h}$ 。经计算酸露点为 81.21℃,水露点为 42℃。在增压风机 8 和脱硫塔 26 之间加装燃煤电厂(煤粉炉)组合式热管换热器组件,将烟气温度降低到 42℃,可使 695t/h 凝结水从 45℃加热到 95℃,每小时回收 146GJ 热量,节约 5.43tce/h,降低发电标准煤耗 18.11gce/kWh,按年运行 5000 小时计算,年可节约标煤 27167tce,减少 CO₂ 排放量 71178t,SO₂ 排放量 231t,NO_x 排放量 201t。

[0044] 上述实施例的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统,具有以下特点:

(1)在脱硫塔 26 前,应用组合式热管换热器组件,利用热管技术回收烟气中部分水蒸气的凝结热,实现可控式热管换热器 31 壁温的可控可调;

(2)加热工质多元化,回收余热可加热除盐水系统、汽机回热系统、供热系统和空气预热系统;

(3)采用组合式热管技术和搪瓷防腐技术(即翅片式热管换热器+可控式热管换热器+搪瓷热管换热器),回收烟气余热;

(4)整个煤电厂组合式热管烟气余热回收系统中,冷热流体均在管外流动,且完全分开,单根热管独立工作,互不影响,易拆卸更换;即使单根热管失效,不影响系统继续工作,不发生冷热流体的掺杂,不会危及发电系统的运行安全;

(5)煤电厂组合式热管烟气余热回收系统中的第三部分,可将烟气降低到水露点以下,回收烟气中部分水蒸气凝结释放的凝结热;

(6)可将烟气降低到水露点以下,烟气中的灰尘会粘附在搪瓷热管表面,是该煤电厂组合式热管烟气余热回收系统具有一定的除尘作用;

(7)可将烟气温度降低到 50-60℃,满足湿法脱硫工艺对烟气温度的要求,减少了为冷却烟气所需的水量,节约了大量的水资源;

(8)经过上述煤电厂组合式热管烟气余热回收系统后的烟气,再进行脱硫得到的净烟气湿度降低,这样就减轻了除雾器的工作负荷和烟气对烟囱的腐蚀,也减少了对环境的污染。

[0045] 方法实施例

根据本发明实施例,提供了一种与上述煤电厂组合式热管烟气余热回收系统相配套的煤电厂组合式热管烟气余热回收方法,包括:

在煤电厂的烟道系统中,增设组合式热管换热器组件,对烟道系统的热量与水汽进行回收处理;

在烟道系统的引风机6与增压风机8之间,引出旁路烟道23,连接至烟道系统的脱硫塔26与烟囱1之间。

[0046] 其中,上述组合式热管换热器组件,配合设置在烟道系统的增压风机8与脱硫塔26之间,对增压风机8与脱硫塔26之间的烟气中的热量与水汽进行回收处理。这里,组合式热管换热器组件的结构及性能,可参见系统实施例中对组合式热管换热器组件的相关说明,在此不再赘述。

[0047] 上述实施例的煤电厂组合式热管烟气余热回收方法、以及与该煤电厂组合式热管烟气余热回收方法相配套的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统(可参见图2a-图5c所示的系统实施例及其相关说明),能够应用于汽机回热系统、除盐水系统、供热系统、以及空气预热系统。

[0048] 下面结合图6-图9,对上述煤电厂组合式热管烟气余热回收系统、以及与上述煤电厂组合式热管烟气余热回收系统相配套的煤电厂组合式热管烟气余热回收方法的具体应用,进行举例说明。

[0049] 图6为将上述实施例的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法应用于汽机回热系统的工作原理示意图。在图6中,省去锅炉4至增压风机8之前的设备,该汽机回热系统包括增压风机8、组合式热管换热器组件、除雾器38、脱硫塔26、烟囱1、多级低加设备、低压缸11与发电机12;增压风机8、组合式热管换热器组件的烟气侧24与脱硫塔26,依次经管道连接;除雾器38配合安装在脱硫塔26的上方后,经管道连接至烟囱1;发电机12与低压缸11连接,低压缸11与多级低加设备连接;在多级低加设备中,从某级低加出口与下一级低加入口之间,引出管道连接至组合式热管换热器组件的冷源工质侧入口33;从组合式热管换热器组件的冷源工质侧出口29,引出的管道,从下一级低加出口和再下一级低加入口之间引入。

[0050] 在图6中,将包含组合式热管换热器组件的烟气余热回收系统,运用于汽机回热系统,可以回收烟气余热,并用回收所得烟气余热加热凝结水。

[0051] 图7为将上述实施例的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法应用于除盐水系统的工作原理示意图。在图7中,省去锅炉4至增压风机8之前的设备,该除盐水系统包括增压风机8、组合式热管换热器组件、脱硫塔26、除雾器38、烟囱1、除氧器39、第一阀门、第二阀门与第三阀门;增压风机8、组合式热管换热器组件的烟气侧24与脱硫塔26,依次经管道连接;除雾器38配合安装在脱硫塔26的上方后,经管道连接至烟囱1;除盐水经装有第二阀门的管道连接至除氧器39,自第二阀门远离除氧器39的管道,引出装有第一阀门的管道至组合式热管换热器组件的冷源工质侧入口33;组合式热管换热器组件的冷源工质侧出口29,经装有第三阀门的管道,连接至第二阀门与除氧器39之间。

[0052] 在图7中,将包含组合式热管换热器组件的烟气余热回收系统,运用于除盐水系统,以除盐水作为冷源工质,可以回收烟气余热,并用回收所得烟气余热加热除盐水。

[0053] 图 8 为将上述实施例的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法应用于供热系统的工作原理示意图。在图 8 中,省去锅炉 4 至增压风机 8 之前的设备,该供热系统包括增压风机 8、组合式热管换热器组件、脱硫塔 26、除雾器 38、烟囱 1、换热站 40、第一阀门、第二阀门、第三阀门、汽轮机 41 与发电机 12;增压风机 8、组合式热管换热器组件的烟气侧 24 与脱硫塔 26,依次经管道连接;除雾器 38 配合安装在脱硫塔 26 的上方后,经管道连接至烟囱 1;发电机 12、汽轮机 41 与换热站 40,依次配合连接;供暖回水经装有第一阀门的管道连接至组合式热管换热器组件的冷源工质侧入口 33,并经装有第二阀门的管道连接至换热站 40;组合式热管换热器组件的冷源工质侧出口 29,经装有第三阀门的管道,连接至换热站 40 的供暖水输出端。

[0054] 在图 8 中,将包含组合式热管换热器组件的烟气余热回收系统,运用于供热系统,以供暖回水作为冷源工质,可以回收烟气余热,并用回收所得烟气余热加热供暖回水,作为供暖水使用。

[0055] 图 9 为将上述实施例的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法应用于空气预热系统的工作原理示意图。在图 9 中,省去锅炉 4 至增压风机 8 之前的设备,该空气预热系统包括增压风机 8、组合式热管换热器组件、脱硫塔 26、除雾器 38、烟囱 1、送风机 42、第一阀门与第二阀门;增压风机 8、组合式热管换热器组件的烟气侧 24 与脱硫塔 26,依次经管道连接;除雾器 38 配合安装在脱硫塔 26 的上方后,经管道连接至烟囱 1;空气经装有第一阀门的管道,连接至组合式热管换热器组件的冷源工质侧入口 33;组合式热管换热器组件的冷源工质侧出口 29,输出助燃空气,经装有第二阀门的管道,连接至送风机 42。

[0056] 在图 9 中,将包含组合式热管换热器组件的烟气余热回收系统,运用于空气预热系统,以空气作为冷源工质,可以回收烟气余热,并用回收所得烟气余热加热空气,得到助燃空气,供送风机使用。

[0057] 上述实施例的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法,具有以下有益效果:

(1)节能性好:通过组合式热管烟气余热回收系统,回收烟气余热中部分显热及部分水蒸气凝结释放的凝结热,最大限度的回收烟气余热,将烟气温度降低到 50-60℃,满足湿法脱硫工艺要求的烟气温度,大大减少脱硫为降低烟气温度而消耗的水量,节约了大量的水资源;回收烟气余热可提高机组效率,降低发电煤耗,节约燃料,节省水资源,起到良好的节能减排效果;

(2)环保性好:在上述煤电厂组合式热管烟气余热回收系统的第三部分,部分水蒸气会凝结在搪瓷热管表面,灰尘会粘附在上面,起到一定的除尘作用,同时进入脱硫塔的烟气温度满足湿法脱硫的工艺要求,不用再进行喷水降温。因此,降低了净烟气中的含尘量和含水量,减轻了对环境的污染。另外,整个烟气回收系统可以减少能源的消耗,也就减少了 CO₂、SO₂、NO_x 的排放,产生巨大的环保效益;

(3)安全性和可靠性提高:在上述实施例的煤电厂组合式热管烟气余热回收系统及方法中,首先考虑了设备的安全性,第一部分工作在烟气酸露点之上,并加装吹灰设备,既保证了设备的安全性也保证了设备的高效性;第二部分采用可控壁温设计,使设备回收烟气温度尽可能接近酸露点却高于酸露点,也避免了酸露腐蚀的影响,同样加装吹灰设备保证设备的换热效率;第三部分工作在酸露点之下甚至在水露点之下,采取镀搪瓷的措施防止设备的酸露腐蚀,根据搪瓷的特点采取喷水清灰的办法保证设备的换热效率;

此外,在整个煤电厂组合式热管烟气余热回收系统中,冷热流体均在管外流动、且完全分开,单根热管独立工作,互不影响,易拆卸更换;即使单根热管失效,不会影响整个换热器继续工作,也不会发生冷热流体的掺杂,不会危及锅炉的运行安全,所以大大增强了设备运行的可靠性;

(4)减轻除雾器负担:由于在脱硫塔内不再对烟气进行淋水降温,净烟气中的含湿量降低,改变了了脱硫过程中除雾器的工况条件,保证除雾效果,避免烟囱雨的发生确保净化后的烟气不会污染周边环境;

(5)减轻烟气对烟囱的腐蚀:低温高湿的烟气对烟囱的腐蚀最严重,少喷水或不喷水会大大降低烟气的湿度,所以也降低了对烟囱的腐蚀确保系统正常运行。

[0058] 最后应说明的是:以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,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。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

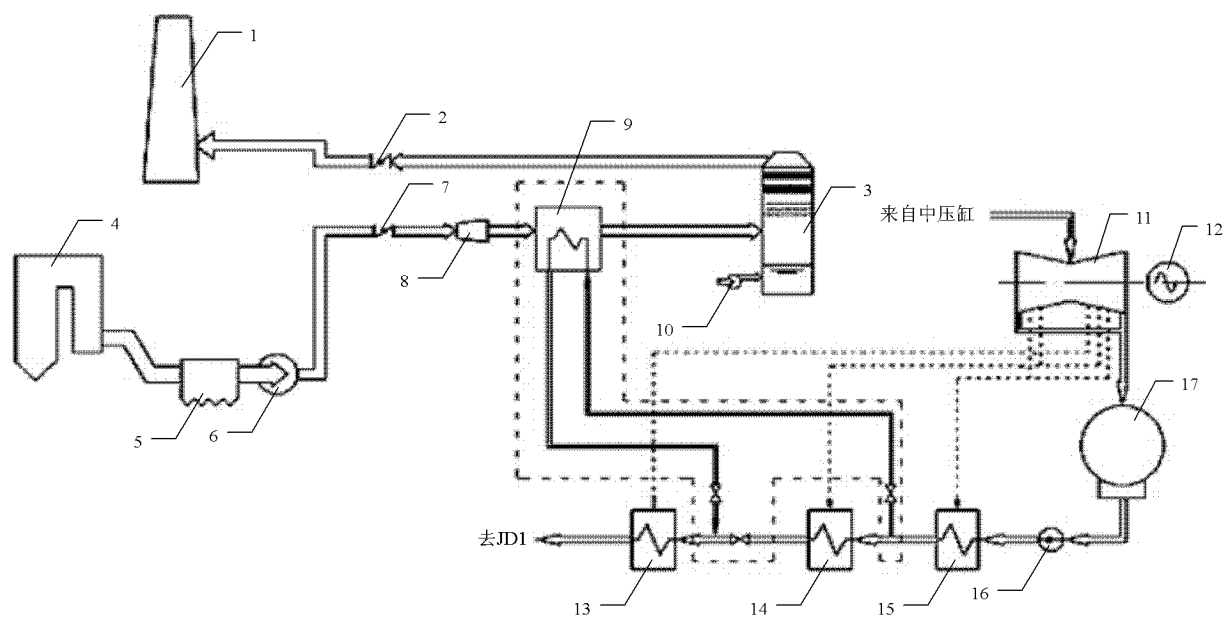


图 1

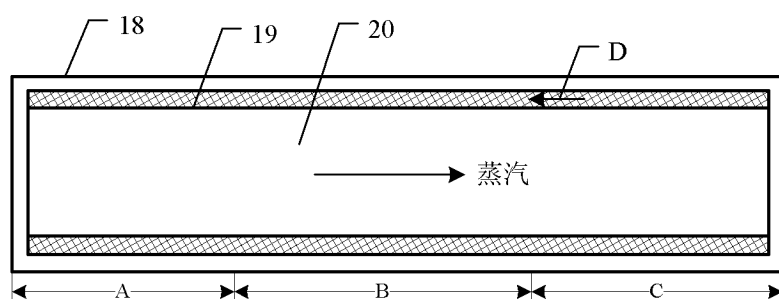


图 2a

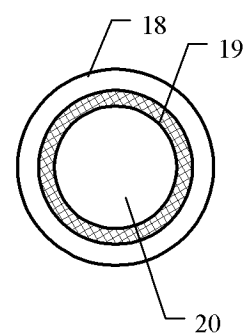


图 2b

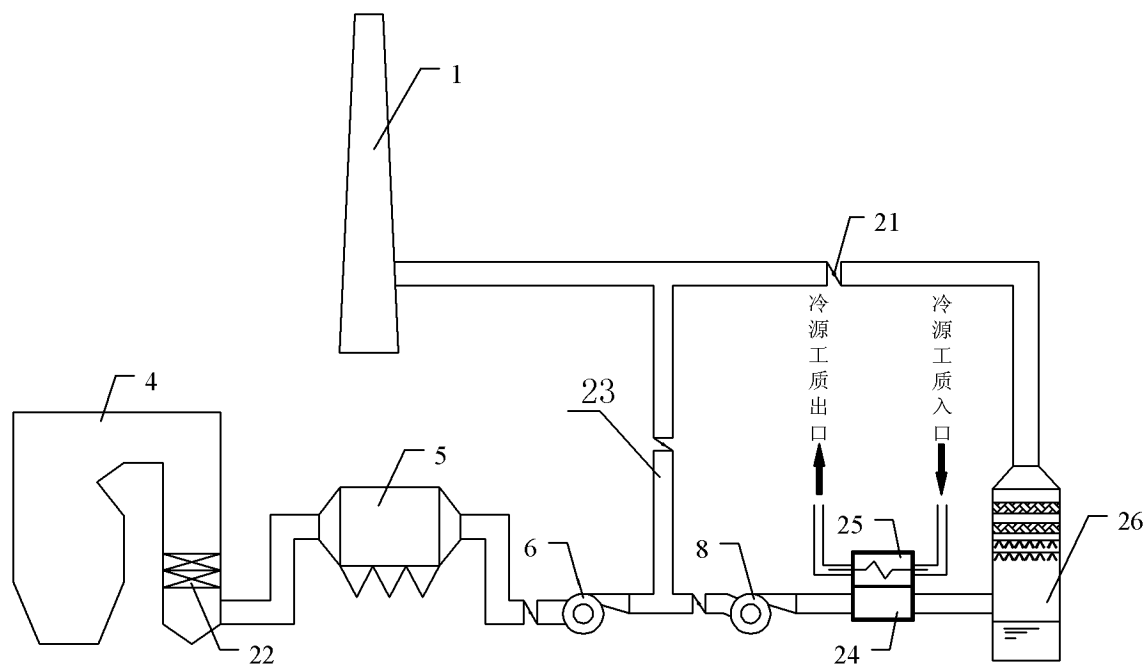


图 3

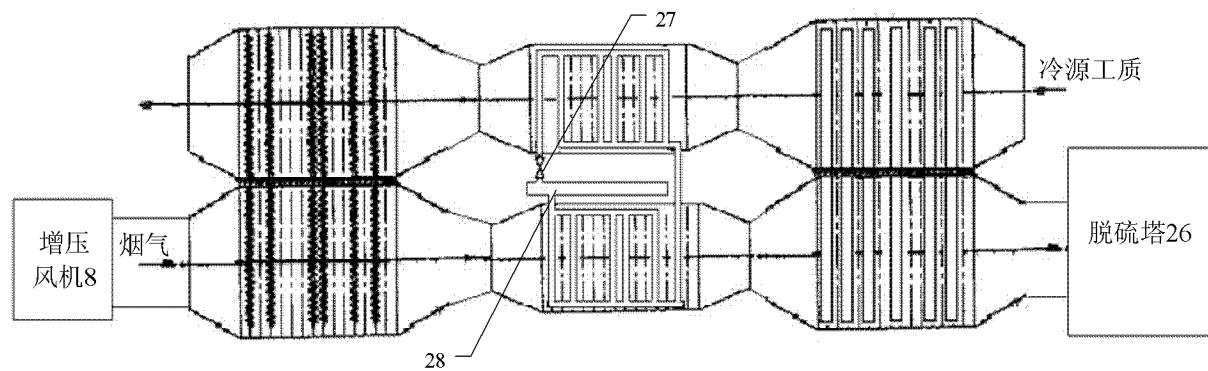


图 4

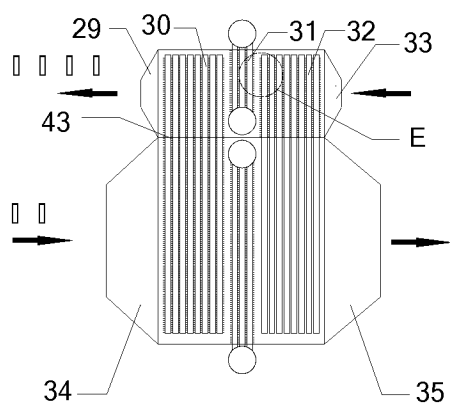


图 5a

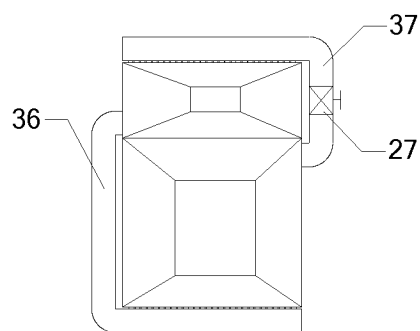


图 5b

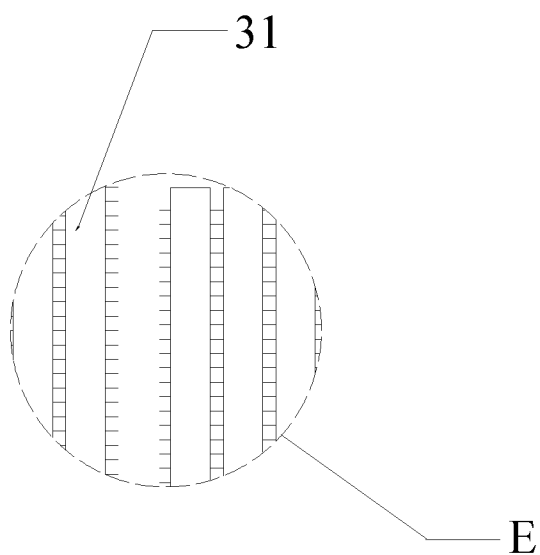


图 5c

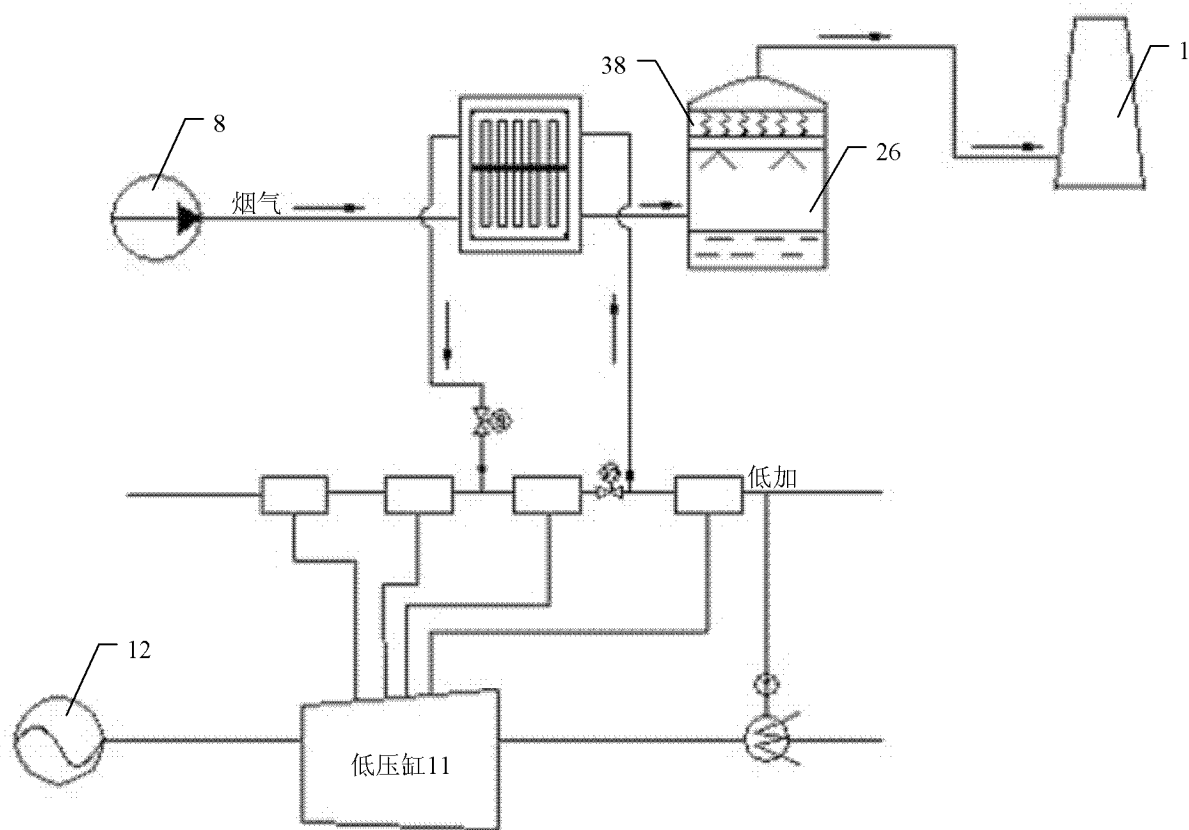


图 6

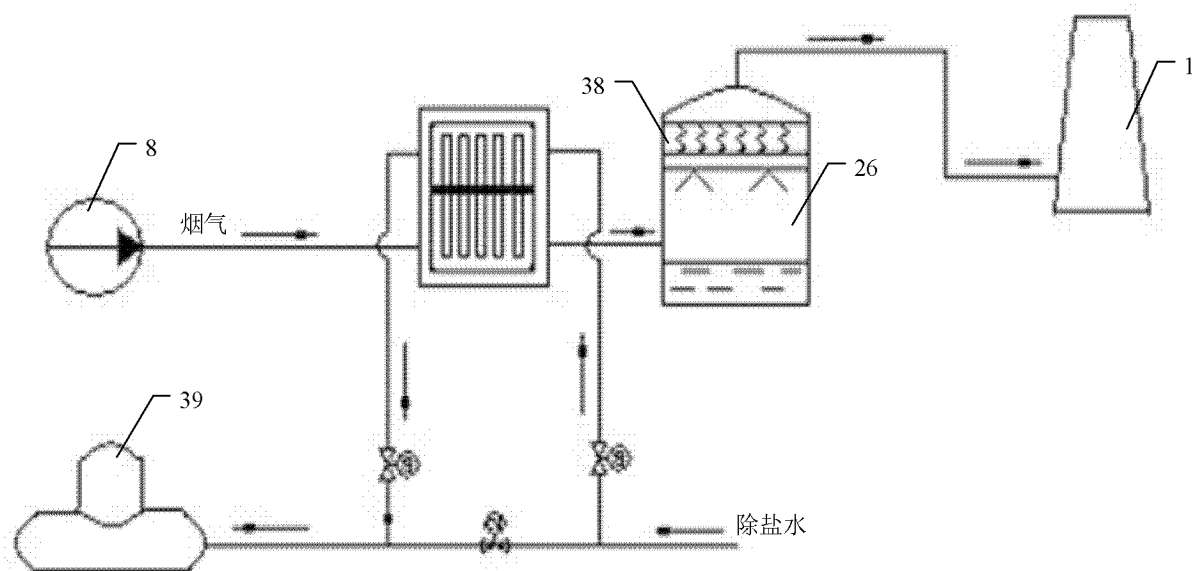


图 7

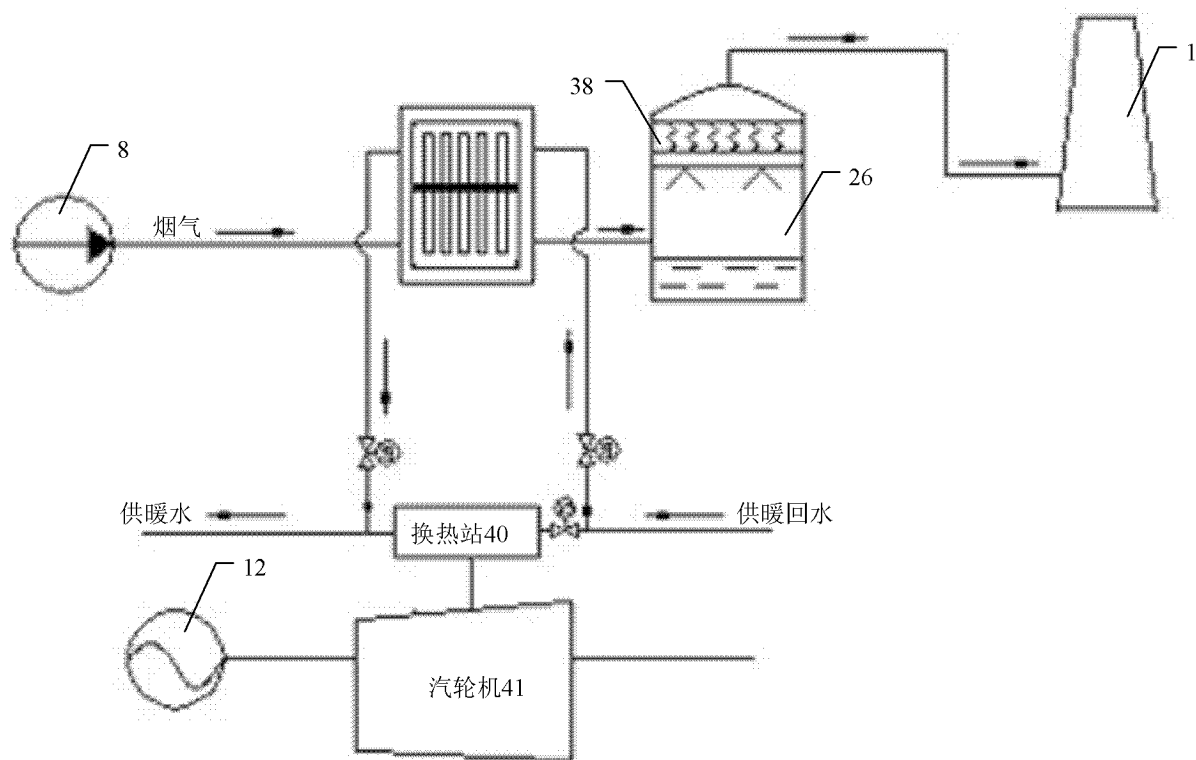


图 8

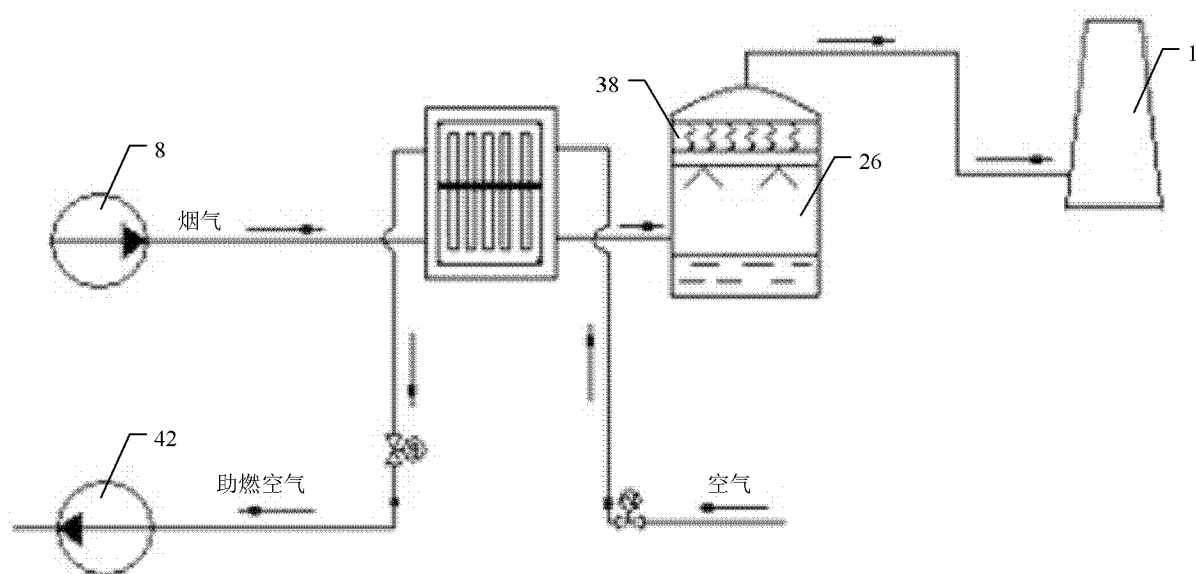


图 9