



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110642444 A

(43)申请公布日 2020.01.03

(21)申请号 201911034390.3

F28D 21/00(2006.01)

(22)申请日 2019.10.28

C02F 103/18(2006.01)

(71)申请人 中国华电科工集团有限公司

地址 100000 北京市丰台区汽车博物馆东
路6号院1号楼

申请人 华电环保系统工程有限公司

(72)发明人 王争荣 汪洋 苏军划 胡小夫

夏怀鹏 耿宣

(74)专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理

有限公司 11250

代理人 李亚南

(51)Int.Cl.

C02F 9/10(2006.01)

C02F 1/06(2006.01)

C02F 1/16(2006.01)

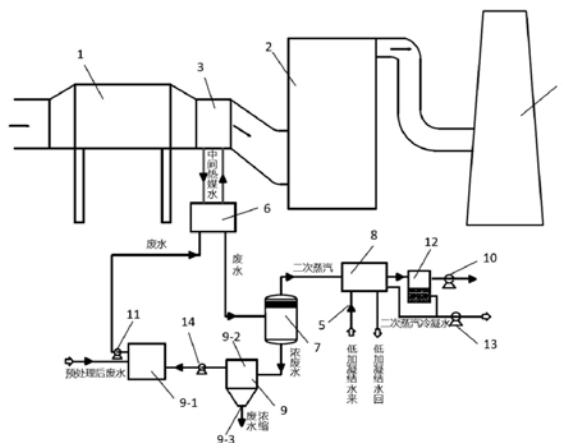
权利要求书3页 说明书12页 附图11页

(54)发明名称

一种真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统

(57)摘要

本发明提供一种真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,烟气通过省煤器后与第一换热介质进行换热,闪蒸罐利用梯度真空实现了多级闪蒸,有利于脱硫废水的浓缩;同时多级闪蒸可以形成不同温度的蒸汽,进入换热组件后与第二换热介质进行梯级换热,提高了换热效果;省煤器的设置使烟气余热用以提高废水温度,废水闪蒸后所回收烟气余热随蒸汽带出,第二换热介质回收蒸汽所含热量,最终使热量回至低加系统,在几乎未损失烟气余热的情况下,实现了热能梯级利用,解决了常规路线利用消耗高品质热能的弊端,并降低了机组能耗。通过以上方式即实现了废水浓缩,同时又解决了燃煤电厂或其他行业烟气余热回收问题,具有很好的社会和经济影响。



1. 一种真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,包括连通设置的除尘单元和脱硫单元,其特征在于,还包括省煤器和废水浓缩系统,所述省煤器设置于所述除尘单元和脱硫单元之间,或者沿烟气流通方向设置于所述除尘单元之前,其特征在于,所述废水浓缩系统包括,

第一换热器,与所述省煤器连通,以使废水与来自所述省煤器的第一换热介质在所述第一换热器内换热;

闪蒸罐,包括至少两个闪蒸室,相邻闪蒸室通过溢流孔连通,所述闪蒸罐的进液端与所述第一换热器连通,以使换热后的废水依次通过相应闪蒸室并从所述闪蒸罐的出液端外排;

换热组件,包括至少两个换热单元,所述换热单元与闪蒸室一一对应,并彼此连通,以使相应闪蒸室内的蒸汽进入相应换热单元内换热;

第一泵,与所述闪蒸罐连接,以使沿所述闪蒸罐的进液端至出液端的方向上,各闪蒸室的真空度依次增加;

沉淀装置,与所述闪蒸罐的出液端连通,以将降温后的废水送入所述沉淀装置进行沉淀。

2. 根据权利要求1所述的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,其特征在于,

所述闪蒸罐内设置至少一个隔板,以将所述闪蒸罐内部分成至少两个闪蒸室;

所述隔板靠近闪蒸罐的一侧设置有溢流孔,所述溢流孔的边缘设置溢流堰,以使所述隔板、闪蒸罐的内壁及溢流堰围合成容纳废水的容纳槽;

所述第一泵依次与换热组件、闪蒸罐连通,各换热单元与第一泵的连接方式为串联或并联。

3. 根据权利要求2所述的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,其特征在于,相对于所述闪蒸罐的轴线,相邻溢流孔分设于所述闪蒸罐的轴线两侧以实现交错设置;

所述溢流孔沿垂直于所述闪蒸罐的轴线方向上的横截面的面积为所述隔板面积的 $1/8-1/4$;

所述溢流堰的高度为2-30cm。

4. 根据权利要求2或3所述的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,其特征在于,

所述隔板由第一隔板和第二隔板组成,沿所述闪蒸罐的进液端至出液端的方向上,所述第一隔板和第二隔板依次排布于所述闪蒸罐内且将所述闪蒸罐的内部依次分为第一闪蒸室、第二闪蒸室、第三闪蒸室;

所述换热组件由第一换热单元、第二换热单元和第三换热单元组成,所述第一换热单元与所述第一闪蒸室连通,所述第二换热单元与第二闪蒸室连通,所述第三闪蒸室与第三换热单元连通;

还包括低加系统,依次与所述第三换热单元、第二换热单元和第一换热单元串联设置,以使第二换热介质依次通过所述第三换热单元、第二换热单元和第一换热单元,并与相应的蒸汽换热。

5. 根据权利要求4所述的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,其特征在于,所述第一隔板边缘与所述第一闪蒸室内壁相抵接,以分隔所述第一闪蒸室与第二闪蒸室;

所述第二隔板边缘与所述第二闪蒸室内壁相抵接,以分隔所述第二闪蒸室与第三闪蒸

室；

所述进液端设置于所述第一闪蒸室顶部，所述出液端设置于所述第三闪蒸室底部。

6. 根据权利要求4或5所述的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统，其特征在于，所述闪蒸罐包括，

第一溢流孔，靠近所述闪蒸罐的一侧设置于所述第一隔板上；

第二溢流孔，靠近所述闪蒸罐的一侧设置于所述第二隔板上，且与所述第一溢流孔分设于所述闪蒸罐的轴线两侧以实现交错设置；

第一蒸汽出口，设置于所述第一闪蒸室顶部或侧壁上方；

第二蒸汽出口，靠近所述第一隔板设置于所述第二闪蒸室的内壁远离所述第一溢流孔的一端；

第三蒸汽出口，靠近所述第二隔板设置于所述第三闪蒸室的内壁远离所述第二溢流孔的一端。

7. 根据权利要求6所述的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统，其特征在于，所述闪蒸罐还包括，

第一除雾器，设置于所述第一闪蒸室顶部，且位于所述进液端所处平面与第一蒸汽出口所处平面之间的区域内，以使所述第一闪蒸室的蒸汽经过第一除雾器除雾后从第一蒸汽出口排出；

第二除雾器，靠近所述第二蒸汽出口设置，且位于所述第二蒸汽出口下端，以使所述第二闪蒸室的蒸汽经过第二除雾器除雾后从第二蒸汽出口排出；

第三除雾器，靠近所述第三蒸汽出口设置，且位于所述第三蒸汽出口下端，以使所述第三闪蒸室的蒸汽经过第三除雾器除雾后从第三蒸汽出口排出。

8. 根据权利要求4所述的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统，其特征在于，

所述第一换热单元上方设置有第一蒸汽进口，下方设置有第一冷凝水出口，所述第一蒸汽进口与所述第一闪蒸室的第一蒸汽出口连通，以使所述第一闪蒸室的蒸汽进入第一换热单元换热，生成的冷凝水从所述第一冷凝水出口流出；

所述第二换热单元上方设置有第二蒸汽进口，下方设置有第二冷凝水出口，所述第二蒸汽进口与所述第二闪蒸室的第二蒸汽出口连通，以使所述第二闪蒸室的蒸汽进入第二换热单元换热，生成的冷凝水从所述第二冷凝水出口流出；

所述第三换热单元上方设置有第三蒸汽进口，下方设置有第三冷凝水出口，所述第三蒸汽进口与所述第三闪蒸室的第三蒸汽出口连通，以使所述第三闪蒸室的蒸汽进入第三换热单元换热，生成的冷凝水从所述第三冷凝水出口流出。

9. 根据权利要求1—8任一项所述的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统，其特征在于，所述沉淀装置包括，

浓液分离单元，其上方设置有浓废水流入口和上清液流出口，其下方设置有浓废水排出口，所述闪蒸罐的出液端与所述浓废水流入口连通，以使闪蒸后的浓废水进入所述浓液分离单元分离为上清液和浓缩废水，且所述浓缩废水从浓废水排出口排出；

稀液存储单元，与所述上清液流出口连通，以使上清液进入所述稀液存储单元。

10. 根据权利要求1—9任一项所述的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统，其特征在于，还包括，

真空缓冲罐,所述换热组件、真空缓冲罐、第一泵依次连通;
第二泵,设置于所述沉淀装置与所述第一换热器之间的管道上;
第三泵,外接于所述换热组件,以将蒸汽冷凝水送至脱硫单元用于脱硫单元工艺补水。

一种真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统

技术领域

[0001] 本发明涉及环保技术领域,具体涉及一种真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,特别涉及一种用于火力发电厂烟气余热回收协同废水浓缩的系统。

背景技术

[0002] 中国电力能源以煤炭资源为主,随着火电装机容量的增加,二氧化硫成为大气的主要污染源。烟气脱硫(FGD)是工业脱硫的主要工艺,其中湿式石灰石洗涤工艺因其脱硫效率高、煤种适应性好、工艺成熟、运行可靠的优点成为目前最为普遍的烟气脱硫技术。然而其脱硫过程中会产生脱硫废水,脱硫废水的水质和水量特性与机组负荷、燃煤成分、运行条件、脱硫工艺水水质、石灰石成分等众多因素有关。脱硫废水呈酸性且腐蚀性很强,水中悬浮物含量高、氯根含量高、盐含量高、存在重金属超标的可能,是电厂中最难处置的废水。

[0003] 目前脱硫废水主要通过三联箱预处理+澄清池+脱水机技术进行处理:通过向废水中添加碱性物质中和脱硫废水,加入有机硫化物使废水中的大部分重金属形成沉淀;加入絮凝剂使沉淀成为污泥,并经过压滤机形成泥饼。废水处理,去除了部分重金属,其PH值和悬浮物浓度达标,但是无法去除氯离子,废水不可排放。

[0004] 目前正在研究的技术主要为深度预处理+浓缩减量+蒸发干燥。深度预处理包括加药、澄清和过滤;浓缩减量可利用热法和膜法;蒸发干燥为利用蒸汽或烟气余热进行干燥。采用蒸汽蒸发干燥需消耗较高品质的蒸汽,能耗高、投资大,运行要求高;采用烟气余热蒸发干燥需消耗高品质烟气余热,影响空预器烟气温度,导致机组效率降低,同时会增加除尘设备负荷。总之,对脱硫废水进行浓缩减量需大量高品质蒸汽或烟气余热,能耗高、投资成本大,运行要求高,对机组造成不良影响。

发明内容

[0005] 因此,本发明要解决的技术问题在于克服现有脱硫废水浓缩技术存在消耗高品质热能,且能耗高的缺陷,从而提供一种真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统。

[0006] 本发明所提供的技术方案如下:

[0007] 本发明提供一种真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,包括连通设置的除尘单元和脱硫单元,还包括省煤器和废水浓缩系统,所述省煤器设置于所述除尘单元和脱硫单元之间,或者沿烟气流通方向设置于所述除尘单元之前,所述废水浓缩系统包括,

[0008] 第一换热器,与所述省煤器连通,以使废水与来自所述省煤器的第一换热介质在所述第一换热器内换热;

[0009] 闪蒸罐,包括至少两个闪蒸室,相邻闪蒸室通过溢流孔连通,所述闪蒸罐的进液端与所述第一换热器连通,以使换热后的废水依次通过相应闪蒸室并从所述闪蒸罐的出液端外排;

[0010] 换热组件,包括至少两个换热单元,所述换热单元与闪蒸室一一对应,并彼此连通,以使相应闪蒸室内的蒸汽进入相应换热单元内换热;

[0011] 第一泵,与所述闪蒸罐连接,以使沿所述闪蒸罐的进液端至出液端的方向上,各闪蒸室的真空度依次增加;

[0012] 沉淀装置,与所述闪蒸罐的出液端连通,以将降温后的废水送入所述沉淀装置进行沉淀。

[0013] 进一步地,所述闪蒸罐内设置至少一个隔板,以将所述闪蒸罐内部分成至少两个闪蒸室;所述隔板靠近闪蒸罐的一侧设置有溢流孔,所述溢流孔的边缘设置溢流堰,以使所述隔板、闪蒸罐的内壁及溢流堰围合成容纳废水的容纳槽;所述第一泵依次与换热组件、闪蒸罐连通,各换热单元与第一泵的连接方式为串联或并联。

[0014] 进一步地,相对于所述闪蒸罐的轴线,相邻溢流孔分设于所述闪蒸罐的轴线两侧以实现交错设置;优选的,所述相邻溢流孔分别与所述闪蒸罐内壁的一端接触,且分设于所述闪蒸罐的轴线两侧;所述溢流孔沿垂直于所述闪蒸罐的轴线方向上的横截面的面积为所述隔板面积的 $1/8-1/4$;所述溢流堰的高度为 $2-30\text{cm}$ 。

[0015] 进一步地,所述隔板由第一隔板和第二隔板组成,沿所述闪蒸罐的进液端至出液端的方向上,所述第一隔板和第二隔板依次排布于所述闪蒸罐内且将所述闪蒸罐的内部依次分为第一闪蒸室、第二闪蒸室、第三闪蒸室;

[0016] 所述换热组件由第一换热单元、第二换热单元和第三换热单元组成,所述第一换热单元与所述第一闪蒸室连通,所述第二换热单元与第二闪蒸室连通,所述第三闪蒸室与第三换热单元连通;

[0017] 所述真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统还包括低加系统,依次与第三换热单元、第二换热单元和第一换热单元串联设置,以使第二换热介质依次通过第三换热单元、第二换热单元和第一换热单元,并与相应的蒸汽换热。

[0018] 进一步地,所述第一隔板边缘与所述第一闪蒸室内壁相抵接,以分隔所述第一闪蒸室与第二闪蒸室;所述第二隔板边缘与所述第二闪蒸室内壁相抵接,以分隔所述第二闪蒸室与第三闪蒸室;所述进液端设置于所述第一闪蒸室顶部,所述出液端设置于所述第三闪蒸室底部。

[0019] 进一步地,所述闪蒸罐包括,第一溢流孔,靠近所述闪蒸罐的一侧设置于所述第一隔板上;

[0020] 第二溢流孔,靠近所述闪蒸罐的一侧设置于所述第二隔板上,且与所述第一溢流孔分设于所述闪蒸罐的轴线两侧以实现交错设置;

[0021] 第一蒸汽出口,设置于所述第一闪蒸室顶部或侧壁上方;

[0022] 第二蒸汽出口,靠近所述第一隔板设置于所述第二闪蒸室的内壁远离第一溢流孔的一端;

[0023] 第三蒸汽出口,靠近所述第二隔板设置于所述第三闪蒸室的内壁远离第二溢流孔的一端。

[0024] 进一步地,所述闪蒸罐还包括,第一除雾器,设置于所述第一闪蒸室顶部,且位于所述进液端所处平面与第一蒸汽出口所处平面之间的区域内,以使所述第一闪蒸室的蒸汽经过第一除雾器除雾后从第一蒸汽出口排出;

[0025] 第二除雾器,靠近所述第二蒸汽出口设置,且位于所述第二蒸汽出口下端,以使所述第二闪蒸室的蒸汽经过第二除雾器除雾后从第二蒸汽出口排出;

[0026] 第三除雾器,靠近所述第三蒸汽出口设置,且位于所述第三蒸汽出口下端,以使所述第三闪蒸室的蒸汽经过第三除雾器除雾后从第三蒸汽出口排出。

[0027] 进一步地,所述第一除雾器的水平截面的面积小于或等于所述第一闪蒸室内壁截面的面积;第二除雾器的水平截面的面积小于或等于所述第一隔板底部的面积;第三除雾器的水平截面的面积小于或等于所述第二隔板底部的面积。

[0028] 进一步地,所述第一除雾器、第二除雾器与第三除雾器可为丝网除雾器或折流板除雾器。

[0029] 进一步地,所述第一换热单元上方设置有第一蒸汽进口,下方设置有第一冷凝水出口,所述第一蒸汽进口与所述第一闪蒸室的第一蒸汽出口连通,以使所述第一闪蒸室的蒸汽进入第一换热单元换热,生成的冷凝水从所述第一冷凝水出口流入冷凝水管;

[0030] 所述第二换热单元上方设置有第二蒸汽进口,下方设置有第二冷凝水出口,所述第二蒸汽进口与所述第二闪蒸室的第二蒸汽出口连通,以使所述第二闪蒸室的蒸汽进入第二换热单元换热,生成的冷凝水从所述第二冷凝水出口流入冷凝水管;

[0031] 所述第三换热单元上方设置有第三蒸汽进口,下方设置有第三冷凝水出口,所述第三蒸汽进口与所述第三闪蒸室的第三蒸汽出口连通,以使所述第三闪蒸室的蒸汽进入第三换热单元换热,生成的冷凝水从所述第三冷凝水出口流入冷凝水管。

[0032] 进一步地,所述串联设置即所述第一泵、第三换热单元、第二换热单元、第一换热单元依次连通,以分别对所述第三闪蒸室、第二闪蒸室、第一闪蒸室进行抽真空;所述并联连接即连通换热组件与第一泵的真空管道引出与第一换热单元连接的第一真空支管、与第二换热单元连接的第二真空支管和与第三换热单元连接的第三真空支管,且所述第一真空支管、第二真空支管、第三真空支管分别设置有阀门,以对所述第三闪蒸室、第二闪蒸室、第一闪蒸室的真空度进行控制。

[0033] 进一步地,所述冷凝水管和真空管道分别设置或合并为一根管道;当冷凝水管和真空管道分别设置时,所述冷凝水管上还设置有冷凝水收集罐。

[0034] 进一步地,所述沉淀装置包括浓废液分离单元和稀废液存储单元,所述浓废液分离单元上方设置有浓废水流入口和上清液流出口,其下方设置有浓废水排出口,所述闪蒸罐的出液端与所述浓废水流入口连通,以使闪蒸后的浓废水进入所述浓废液分离单元分离为上清液和浓缩废水,且所述浓缩废水从浓废水排出口排出;所述稀废液存储单元与所述上清液流出口连通。

[0035] 进一步地,所述浓废液分离单元和稀废液存储单元分别设置或可合并设置;所述浓废液分离单元和稀废液存储单元分别设置时,所述浓废液分离单元与所述稀废液存储单元之间的管道上还设置有第四泵,以将上清液送入所述稀废液存储单元;当合并设置时,所述沉淀装置包括一容腔,所述容腔下部为锥形以使浓废水沉积于容腔下部,而所述容腔上层为所述上清液并与预处理后废水混合。

[0036] 进一步地,所述第一除雾器与第一隔板垂直于所述第一闪蒸室内壁设置;所述第二除雾器与第二隔板垂直于所述第二闪蒸室内壁设置;所述第三除雾器垂直于所述第三闪蒸室内壁设置。

[0037] 进一步地,所述真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统还包括,真空缓冲罐,所述换热组件、真空缓冲罐、第一泵依次连通。

[0038] 第二泵,设置于所述沉淀装置与所述第一换热器之间的管道上,以将所述上清液及预处理后废水送入所述第一换热器;

[0039] 第三泵,外接于所述换热组件且设置于所述冷凝水管上,以将蒸汽冷凝水送至脱硫单元用于脱硫单元工艺补水。

[0040] 进一步地,所述真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统还包括烟囱,所述烟囱与所述脱硫单元连通。

[0041] 进一步地,所述除尘单元为电除尘器;所述省煤器为低低温省煤器;所述脱硫单元为脱硫塔。

[0042] 进一步地,所述第一换热器、第一换热单元、第二换热单元、第三换热单元可采用板式换热器,也可采用管壳式换热器;优选地,所述第一换热器、第一换热单元、第二换热单元、第三换热单元均采用板式换热器。

[0043] 进一步地,所述第一换热介质为热媒水,所述第二换热介质为低加凝结水或除盐水。

[0044] 本发明技术方案,具有如下优点:

[0045] 1. 本发明提供的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,烟气通过省煤器后与第一换热介质进行换热,升温之后的第一换热介质被送至第一换热器与稀废水进行换热;升温后的稀废水由进液端进入闪蒸罐,第一泵的设置使沿所述闪蒸罐的进液端至出液端的方向上,各闪蒸室的真空度依次增加,因此当废水相继各闪蒸室时即发生闪蒸,稀废水得到浓缩并在各闪蒸室顶部生成了蒸汽;蒸汽进入与其闪蒸室相连的各换热单元,与第二换热介质换热,生成的蒸汽冷凝水进入冷凝水管,可用于脱硫系统工艺补水;闪蒸后的浓废水进入沉淀装置进行沉淀。闪蒸罐利用梯度真空实现了多级闪蒸,有利于脱硫废水的浓缩;同时多级闪蒸可以形成不同温度的蒸汽,进入所述换热组件后与第二换热介质进行梯级换热,提高了换热效果;省煤器的设置使用烟气余热以提高废水温度,废水闪蒸后所回收烟气余热随蒸汽带出,并利用第二换热介质回收蒸汽所含热量,最终使该热量回至低加系统,在几乎未损失所回收热量的情况下,拓展了热量用途,实现了热能梯级利用,解决了常规路线利用消耗高品质热能的弊端,并降低了机组能耗。通过以上方式即实现了废水浓缩,同时又解决了燃煤电厂或其他行业烟气余热回收问题,具有能耗低、投资少、运行费用低,达到高效的节能减排等环保效果,具有很好的社会和经济影响。

[0046] 2. 本发明提供的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,相对于所述闪蒸罐的轴线,相邻溢流孔分设于所述闪蒸罐的轴线两侧以实现交错设置,可以增大废水与各闪蒸室的流动路径,从而增大闪蒸效果,进而增大闪蒸后浓废水的浓度和蒸汽的量,继而增大了蒸汽与第二换热介质的换热温度,最终提高了烟气余热的回收效果。

[0047] 3. 本发明提供的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,通过设置第一除雾器、第二除雾器和第三除雾器,可以避免汽水分离过程蒸汽将细小的废水液滴带入换热组件。

[0048] 4. 本发明提供的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,真空缓冲罐的设置可以维持系统真空度稳定,同时可将随不凝气体带出的液滴分离,避免液滴进第一泵对第一泵造成伤害。

[0049] 5. 本发明提供的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,省煤器的设置可提高除尘单元的除尘能力。

附图说明

[0050] 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。

[0051] 图1是本发明实施例中真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统的结构示意图;

[0052] 图2是本发明实施例中废水浓缩系统的结构示意图;

[0053] 图3是本发明实施例1闪蒸罐中溢流堰的一种结构示意图;

[0054] 图4是本发明实施例1闪蒸罐中溢流堰的另一种结构示意图;

[0055] 图5是本发明实施例1中真空管道串联设置的结构示意图;

[0056] 图6是本发明实施例1中真空管道并联设置的结构示意图;

[0057] 图7是本发明实施例1中真空管道与冷凝水管分别设置的结构示意图;

[0058] 图8是本发明实施例1中真空管道与冷凝水管合并设置的结构示意图;

[0059] 图9是本发明实施例1中除雾器的结构示意图;

[0060] 图10是本发明实施例1闪蒸罐中除雾器的一种结构示意图;

[0061] 图11是本发明实施例1闪蒸罐中除雾器的另一种结构示意图;

[0062] 附图标记:

[0063] 1—除尘单元;2—脱硫单元;3—省煤器;4—烟囱;5—低加系统;6—第一换热器;7—闪蒸罐;7-1—第一闪蒸室;7-2—第二闪蒸室;7-3—第三闪蒸室;7-4—第一隔板;7-5—第二隔板;7-6—第一溢流孔;7-7—第二溢流孔;7-8—第一蒸汽出口;7-9—第二蒸汽出口;7-10—第三蒸汽出口;7-11—进液端;7-12—出液端;7-13—第一除雾器;7-14—第二除雾器;7-15—第三除雾器;7-16—第一溢流堰;7-17—第二溢流堰;8—换热组件;8-1—第一换热单元;8-2—第二换热单元;8-3—第三换热单元;8-4—第一蒸汽进口;8-5—第一冷凝水出口;8-6—第二蒸汽进口;8-7—第二冷凝水出口;8-8—第三蒸汽进口;8-9—第三冷凝水出口;9—沉淀装置;9-1—稀废液存储单元;9-2—浓废液分离单元;9-3—浓废水排出口;10—第一泵;11—第二泵;12—真空缓冲罐;13—第三泵;14—第四泵;15—冷凝水收集罐。

具体实施方式

[0064] 下面将结合附图对本发明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一部分实施例,而不是全部的实施例。提供下述实施例是为了更好地进一步理解本发明,并不局限于所述最佳实施方式,不对本发明的内容和保护范围构成限制,任何人在本发明的启示下或是将本发明与其他现有技术的特征进行组合而得出的任何与本发明相同或相近似的产品,均落在本发明的保护范围之内。

[0065] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“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”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0066] 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,下面所描述的本发明不同实施方式中所涉及的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互结合。

[0067] 实施例1

[0068] 本实施例提供一种真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,如图1所示,包括连通设置的除尘单元1、脱硫单元2,还包括省煤器3和废水浓缩系统,省煤器3设置于除尘单元1和脱硫单元2之间,或者沿烟气流通方向设置于除尘单元1之前;除尘单元1为电除尘器,脱硫单元2为脱硫塔,省煤器3为低低温省煤器,省煤器3的设置可提高除尘单元1的除尘能力。

[0069] 如图2所示,废水浓缩系统包括:第一换热器6,与省煤器3连通,以使废水与来自省煤器3的第一换热介质在第一换热器6内换热;第一换热器6可采用板式换热器,也可采用管壳式换热器;优选地,第一换热器6采用板式换热器;第一换热介质为热媒水;

[0070] 闪蒸罐7,包括至少两个闪蒸室,相邻闪蒸室通过溢流孔连通,闪蒸罐7的进液端7-11与第一换热器6连通,以使换热后的废水依次通过相应闪蒸室并从闪蒸罐7的出液端7-12外排;

[0071] 换热组件8,包括至少两个换热单元,换热单元与闪蒸室一一对应,并彼此连通,以使相应闪蒸室7内的蒸汽进入相应换热单元内换热;

[0072] 第一泵10,与闪蒸罐7连接,以使沿闪蒸罐的进液端7-11至出液端7-12的方向上,各闪蒸室的真空度依次增加;

[0073] 沉淀装置9,与闪蒸罐7的出液端7-12连通,以将降温后的废水送入沉淀装置9进行沉淀。

[0074] 原烟气系统若已安装省煤器3,则烟气系统不需要进行改造,只需将省煤器3的管道进行改造,将原来直接送往的低加系统5的管道截断,接入真空相变废水浓缩系统;若烟气系统未布置省煤器3,则需要新增省煤器3及真空相变废水浓缩系统。上述真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,烟气通过省煤器3后与第一换热介质进行换热,升温之后的第一换热介质被送至第一换热器6与稀废水进行换热;升温后的稀废水由进液端进入闪蒸罐7,第一泵10的设置使沿闪蒸罐7的进液端至出液端的方向上,各闪蒸室的真空度依次增加,因此当废水相继各闪蒸室时即发生闪蒸,稀废水得到浓缩并在各闪蒸室顶部生成了蒸汽;蒸汽进入与其闪蒸室相连的各换热单元,与第二换热介质换热,生成的蒸汽冷凝水进入冷凝水管,可用于脱硫系统工艺补水;闪蒸后的浓废水进入沉淀装置进行沉淀。闪蒸罐7利用梯度真空实现了多级闪蒸,有利于脱硫废水的浓缩;同时多级闪蒸可以形成不同温度的蒸汽,进入换热组件后与第二换热介质进行梯级换热,提高了换热效果;省煤器3的设置使用烟气余热以提高废水温度,废水闪蒸后所回收烟气余热随蒸汽带出,并利用第二换热介质回收蒸汽所含热量,最终使该热量回至低加系统,在几乎未损失所回收热量的情况下,拓展了热量用途,实现了热能梯级利用,解决了常规路线利用消耗高品质热能的弊端,并降低了机组能耗。通过以上方式即实现了废水浓缩,同时又解决了燃煤电厂或其他行业烟气余热回收问题,具有能耗低、投资少、运行费用低,达到高效的节能减排等环保效果,具有很好的社会

和经济影响。

[0075] 进一步地,闪蒸罐7内设置至少一个隔板,以将闪蒸罐7内部分成至少两个闪蒸室;

[0076] 隔板靠近闪蒸罐7的一侧设置有溢流孔,溢流孔沿垂直于闪蒸罐7的轴线方向上的横截面的面积为隔板面积的 $1/8-1/4$;

[0077] 溢流孔的边缘设置溢流堰,以使隔板、闪蒸罐7的内壁及溢流堰围合成容纳废水的容纳槽;溢流堰的高度为 $2-30\text{cm}$,可根据废水循环量确定;在系统运行过程中,溢流堰处形成液封,使各闪蒸室相互独立,从而使沿闪蒸罐的进液端7-11至出液端7-12的方向上,各闪蒸室的真空度依次增加;优选的,溢流堰靠近隔板的一端设置有延伸段,以提高液封效果;

[0078] 第一泵10依次与换热组件8、闪蒸罐7连通,各换热单元与第一泵10的连接方式为串联或并联。

[0079] 进一步地,相对于闪蒸罐7的轴线,相邻溢流孔分设于闪蒸罐7的轴线两侧以实现交错设置,以增大废水与各闪蒸室的流动路径,从而增大闪蒸效果,进而增大闪蒸后浓废水的浓度和蒸汽的量,继而增大了蒸汽与第二换热介质的换热温度,最终提高了烟气余热的回收效果;优选的,相邻溢流孔分别与闪蒸罐7内壁的一端接触,且分设于闪蒸罐7的轴线两侧。

[0080] 作为可选的实施方式,如图3所示,隔板由第一隔板7-4和第二隔板7-5组成,沿闪蒸罐7的进液端7-11至出液端7-12的方向上,第一隔板7-4和第二隔板7-5依次排布于闪蒸罐7内且将闪蒸罐7的内部依次分为第一闪蒸室7-1、第二闪蒸室7-2、第三闪蒸室7-3;如图5所示,换热组件8由第一换热单元8-1、第二换热单元8-2和第三换热单元8-3组成,第一换热单元8-1与第一闪蒸室7-1连通,第二换热单元8-2与第二闪蒸室7-2连通,第三闪蒸室7-3与第三换热单元8-3连通;第一换热单元8-1、第二换热单元8-2、第三换热单元8-3可采用板式换热器,也可采用管壳式换热器;优选地,第一换热单元8-1、第二换热单元8-2、第三换热单元8-3均采用板式换热器。

[0081] 进一步地,真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统还包括低加系统5,依次与第三换热单元8-3、第二换热单元8-2和第一换热单元8-1串联设置,以使第二换热介质依次通过第三换热单元8-3、第二换热单元8-2和第一换热单元8-1,并与相应的蒸汽换热;第二换热介质为低加凝结水或除盐水。

[0082] 进一步地,第一隔板7-4边缘与第一闪蒸室7-1内壁相抵接,以分隔第一闪蒸室7-1与第二闪蒸室7-2;第二隔板7-5边缘与第二闪蒸室7-2内壁相抵接,以分隔第二闪蒸室7-2与第三闪蒸室7-3;进液端7-11设置于第一闪蒸室7-1顶部,出液端7-12设置于第三闪蒸室7-3底部;第一隔板7-4垂直于第一闪蒸室7-1内壁设置,第二隔板7-5垂直于第二闪蒸室7-2内壁设置。

[0083] 在本实施例中,闪蒸罐7包括第一溢流孔7-6,靠近闪蒸罐7的一侧设置于第一隔板7-4上;第二溢流孔,靠近闪蒸罐7的一侧设置于第二隔板7-5上,且与第一溢流孔7-6分设于闪蒸罐7的轴线两侧以实现交错设置;第一蒸汽出口7-8,设置于第一闪蒸室7-1顶部或侧壁上方;第二蒸汽出口7-9,靠近第一隔板7-4设置于第二闪蒸室7-2的内壁远离第一溢流孔7-6的一端;第三蒸汽出口7-10,靠近第二隔板7-5设置于第三闪蒸室7-3的内壁远离第二溢流孔7-7的一端。第一溢流孔7-6的边缘设置第一溢流堰7-16,第二溢流孔

7-7的边缘设置第二溢流堰7-17;第一溢流堰7-16与第二溢流堰7-17的高度为2-30cm,可根据废水循环量确定;如图3所示,第一溢流堰7-16靠近第一隔板7-4的一端与第一隔板7-4连接,第二溢流堰7-17靠近第二隔板7-5的一端与第二隔板7-5连接;作为可选的实施方式,如图4所示,第一溢流堰7-16靠近第一隔板7-4的一端设置有延伸段,第二溢流堰7-17靠近第二隔板7-5的一端设置有延伸段。

[0084] 进一步地,如图3-4所示,闪蒸罐7还包括第一除雾器7-13,设置于第一闪蒸室7-1顶部,且位于进液端7-11所处平面与第一蒸汽出口7-8所处平面之间的区域内,以使第一闪蒸室7-1的蒸汽经过第一除雾器7-13除雾后从第一蒸汽出口7-8排出;第二除雾器7-14,靠近第二蒸汽出口7-9设置,且位于第二蒸汽出口7-9下端,以使第二闪蒸室7-2的蒸汽经过第二除雾器7-14除雾后从第二蒸汽出口7-9排出;第三除雾器7-15,靠近第三蒸汽出口7-10设置,且位于第三蒸汽出口7-10下端,以使第三闪蒸室7-3的蒸汽经过第三除雾器7-15除雾后从第三蒸汽出口7-10排出;第一除雾器7-13垂直于第一闪蒸室7-1内壁设置;第二除雾器7-14垂直于第二闪蒸室7-2内壁设置;第三除雾器7-15垂直于第三闪蒸室7-3内壁设置。通过设置第一除雾器7-13、第二除雾器7-14和第三除雾器7-15,可以避免汽水分离过程蒸汽将细小的废水液滴带入换热组件8。

[0085] 进一步地,第一除雾器7-13的水平截面的面积小于或等于第一闪蒸室7-1内壁截面的面积;第二除雾器7-14的水平截面的面积小于或等于第一隔板7-4底部的面积;第三除雾器7-15的水平截面的面积小于或等于第二隔板7-5底部的面积;作为一种实施方式,如图10所示,第一除雾器7-13的水平截面的面积小于第一闪蒸室7-1内壁截面的面积;第二除雾器7-14的水平截面的面积小于第一隔板7-4底部的面积;第三除雾器7-15的水平截面的面积小于第二隔板7-5底部的面积;作为可选的实施方式,如图11所示,第一除雾器7-13的水平截面的面积等于第一闪蒸室7-1内壁截面的面积;第二除雾器7-14的水平截面的面积等于第一隔板7-4底部的面积;第三除雾器7-15的水平截面的面积等于第二隔板7-5底部的面积;进一步地,如图9所示,第一除雾器7-13、第二除雾器7-14与第三除雾器7-15可为丝网除雾器或折流板除雾器。

[0086] 在本实施例中,第一换热单元8-1上方设置有第一蒸汽进口8-4,下方设置有第一冷凝水出口8-5,第一蒸汽进口8-4与第一蒸汽出口7-8连通,以使第一闪蒸室7-1的蒸汽进入第一换热单元8-1换热,生成的冷凝水从第一冷凝水出口8-5流入冷凝水管;第二换热单元8-2上方设置有第二蒸汽进口8-6,下方设置有第二冷凝水出口8-7,第二蒸汽进口8-6与第二蒸汽出口7-9连通,以使第二闪蒸室7-2的蒸汽进入第二换热单元8-2换热,生成的冷凝水从第二冷凝水出口8-7流入冷凝水管;第三换热单元8-3上方设置有第三蒸汽进口8-8,下方设置有第三冷凝水出口8-9,第三蒸汽进口8-8与第三蒸汽出口7-10连通,以使第三闪蒸室7-3的蒸汽进入第三换热单元8-3换热,生成的冷凝水从第三冷凝水出口8-9流入冷凝水管。

[0087] 作为可选的实施方式,第三换热单元8-3、第二换热单元8-2、第一换热单元8-1与第一泵10的连接方式为串联或并联。如图5所示,串联连接即第一泵10、第三换热单元8-3、第二换热单元8-2、第一换热单元8-1依次连通,以分别对第三闪蒸室7-3、第二闪蒸室7-2、第一闪蒸室7-1进行抽真空;如图6所示,并联连接即连通换热组件与第一泵的真空管道引出与第一换热单元8-1连接的第一真空支管、与第二换热单元8-2连接的第二真空支管和与

第三换热单元8-3连接的第三真空支管,且第一真空支管、第二真空支管、第三真空支管分别设置有阀门,以对第三闪蒸室7-3、第二闪蒸室7-2、第一闪蒸室7-1的真空度进行控制。

[0088] 进一步地,如图7-8所示,冷凝水管和真空管道分别设置或合并为一根管道;如图7所示,当冷凝水管和真空管道分别设置时,冷凝水管上还设置有冷凝水收集罐15。

[0089] 在本实施例中,沉淀装置9包括浓废液分离单元9-2和稀废液存储单元9-1;浓废液分离单元9-2上方设置有浓废水流入口和上清液流出口,下方设置有浓废水排出口9-3,闪蒸罐7的出液端7-12与浓废水流入口连通,以使闪蒸后的浓废水进入浓废液分离单元9-2分离为上清液和浓缩废水,且浓缩废水从浓废水排出口9-3排出;稀废液存储单元9-1与上清液流出口连通。

[0090] 进一步地,浓废液分离单元9-2和稀废液存储单元9-1分别设置或可合并设置;浓废液分离单元9-2和稀废液存储单元9-1分别设置时,浓废液分离单元9-2与稀废液存储单元9-1之间的管道上还设置有第四泵14,以将上清液送入稀废液存储单元9-1;当合并设置时,沉淀装置9包括一容腔,容腔下部为锥形以使浓废水沉积于容腔下部,而容腔上层为上清液并与预处理后废水混合。

[0091] 进一步地,真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统还包括,真空缓冲罐12,换热组件8、真空缓冲罐12、第一泵10依次连通,以维持低温闪蒸系统真空度稳定,同时可将随不凝气体带出的液滴分离,避免液滴进第一泵对第一泵造成伤害;第二泵11,设置于沉淀装置9与第一换热器6之间的管道上,以将上清液及预处理后废水送入第一换热器6;第三泵13,外接于换热组件且设置于冷凝水管上,以将蒸汽冷凝水送至脱硫单元2用于脱硫单元2工艺补水。

[0092] 进一步地,真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统还包括烟囱4,与脱硫单元2连通。

[0093] 实施例2

[0094] 如图1所述,本实施例提供一种真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,包括连通设置的除尘单元1、脱硫单元2、烟囱4,还包括省煤器3和废水浓缩系统,省煤器3设置于除尘单元1和脱硫单元2之间;除尘单元1为电除尘器,脱硫单元2为脱硫塔,省煤器3为低低温省煤器;废水浓缩系统包括:

[0095] 第一换热器6,与省煤器3连通,以使废水与来自省煤器3的第一换热介质在第一换热器6内换热;

[0096] 闪蒸罐7,如图7所示,其内部设置有第一隔板7-4和第二隔板7-5,沿闪蒸罐7的进液端7-11至出液端7-12的方向上,第一隔板7-4和第二隔板7-5依次排布于闪蒸罐7内且将闪蒸罐7的内部依次分为第一闪蒸室7-1、第二闪蒸室7-2、第三闪蒸室7-3,相邻闪蒸室通过溢流孔连通;闪蒸罐7的进液端7-11设置于第一闪蒸室7-1顶部,与第一换热器6连通;闪蒸罐7的出液端7-12设置于第三闪蒸室7-3底部;

[0097] 换热组件8,包括第一换热单元8-1、第二换热单元8-2和第三换热单元8-3组成,第一换热单元8-1与第一闪蒸室7-1连通,第二换热单元8-2与第二闪蒸室7-2连通,第三闪蒸室7-3与第三换热单元8-3连通,以使相应闪蒸室内的蒸汽进入相应换热单元内换热;具体的,第一换热单元8-1、第二换热单元8-2和第三换热单元8-3为板式换热器;

[0098] 第一泵10,与闪蒸罐7连接,以使第一闪蒸室7-1、第二闪蒸室7-2与第三闪蒸室7-3

的真空度依次增加；

[0099] 沉淀装置9,包括浓废液分离单元9-2和稀废液存储单元9-1;浓废液分离单元9-2上方设置有浓废水流入口和上清液流出口,其下方设置有浓废水排出口9-3,闪蒸罐7的出液端7-12与浓废水流入口连通,以使闪蒸后的浓废水进入浓废液分离单元9-2分离为上清液和浓缩废水,且浓缩废水从浓废水排出口9-3排出;稀废液存储单元9-1与上清液流出口连通,以使上清液进入稀废液存储单元9-1;浓废液分离单元9-2和稀废液存储单元9-1分别设置,且浓废液分离单元9-2与稀废液存储单元9-1之间的管道上还设置有第四泵14;

[0100] 低加系统5,依次与第三换热单元8-3、第二换热单元8-2和第一换热单元8-1串联设置,以使第二换热介质依次通过第三换热单元8-3、第二换热单元8-2和第一换热单元8-1,并与相应的蒸汽换热;第二换热介质为低加凝结水或除盐水。

[0101] 进一步地,第一泵10依次与换热组件8、闪蒸罐7连通,各换热单元与第一泵10的连接方式为串联,即第一泵10、第三换热单元8-3、第二换热单元8-2、第一换热单元8-1依次串联连通,以分别对第三闪蒸室7-3、第二闪蒸室7-2、第一闪蒸室7-1进行抽真空。

[0102] 进一步地,第一隔板7-4边缘与第一闪蒸室7-1内壁相抵接,第二隔板7-5边缘与第二闪蒸室7-2内壁相抵接,以分隔第二闪蒸室7-2与第三闪蒸室7-3;第一隔板7-4垂直于第一闪蒸室7-1内壁设置,第二隔板7-5垂直于第二闪蒸室7-2内壁设置。

[0103] 进一步地,第一溢流孔7-6设置于第一隔板7-4上,并与闪蒸罐7内壁的一端接触,第一溢流孔7-6沿垂直于闪蒸罐7的轴线方向上的横截面的面积为第一隔板7-4面积的 $1/8-1/4$;第二溢流孔7-7设置于第二隔板7-5上,并与闪蒸罐7内壁的一端接触,第二溢流孔7-7沿垂直于闪蒸罐7的轴线方向上的横截面的面积为第二隔板7-5面积的 $1/8-1/4$;第一溢流孔7-6与第二溢流孔7-7分设于闪蒸罐7的轴线两侧以实现交错设置。

[0104] 进一步地,如图7所示,第一溢流孔7-6的边缘设置第一溢流堰7-16,第二溢流孔7-7的边缘设置第二溢流堰7-17;第一溢流堰7-16与第二溢流堰7-17的高度为2-30cm,可根据废水循环量确定;第一溢流堰7-16靠近第一隔板7-4的一端与第一隔板7-4连接,第二溢流堰7-17靠近第二隔板7-5的一端与第二隔板7-5连接。

[0105] 进一步地,闪蒸罐7包括第一蒸汽出口7-8,设置于第一闪蒸室7-1顶部或侧壁上方;第二蒸汽出口7-9,靠近第一隔板7-4设置于第二闪蒸室7-2的内壁远离第一溢流孔7-6的一端;第三蒸汽出口7-10,靠近第二隔板7-5设置于第三闪蒸室7-3的内壁远离第二溢流孔7-7的一端。

[0106] 进一步地,闪蒸罐7还包括第一除雾器7-13,设置于第一闪蒸室7-1顶部,且位于进液端7-11所处平面与第一蒸汽出口7-8所处平面之间的区域内,以使第一闪蒸室7-1的蒸汽经过第一除雾器7-13除雾后从第一蒸汽出口7-8排出;第二除雾器7-14,靠近第二蒸汽出口7-9设置,且位于第二蒸汽出口7-9下端,以使第二闪蒸室7-2的蒸汽经过第二除雾器7-14除雾后从第二蒸汽出口7-9排出;第三除雾器7-15,靠近第三蒸汽出口7-10设置,且位于第三蒸汽出口7-10下端,以使第三闪蒸室7-3的蒸汽经过第三除雾器7-15除雾后从第三蒸汽出口7-10排出;第一除雾器7-13垂直于第一闪蒸室7-1内壁设置;第二除雾器7-14垂直于第二闪蒸室7-2内壁设置;第三除雾器7-15垂直于第三闪蒸室7-3内壁设置。

[0107] 进一步地,如图7所示,第一除雾器7-13的水平截面的面积小于第一闪蒸室7-1内壁截面的面积;第二除雾器7-14的水平截面的面积小于第一隔板7-4底部的面积;第三除雾器7-15的水平截面的面积小于第二隔板7-5底部的面积;第一除雾器7-13、第二除雾器7-14与第三除雾器7-15可为丝网除雾器或折流板除雾器。

[0108] 进一步地,换热组件8包括第一换热单元8-1,其上方设置有第一蒸汽进口8-4,下方设置有第一冷凝水出口8-5,第一蒸汽进口8-4与第一闪蒸室7-1的第一蒸汽出口7-8连通,以使第一闪蒸室7-1的蒸汽进入第一换热单元8-1换热,生成的冷凝水从第一冷凝水出口8-5流入冷凝水管;第二换热单元8-2,其上方设置有第二蒸汽进口8-6,下方设置有第二冷凝水出口8-7,第二蒸汽进口8-6与第二闪蒸室7-2的第二蒸汽出口7-9连通,以使第二闪蒸室7-2的蒸汽进入第二换热单元8-2换热,生成的冷凝水从第二冷凝水出口8-7流入冷凝水管;第三换热单元8-3,其上方设置有第三蒸汽进口8-8,下方设置有第三冷凝水出口8-9,第三蒸汽进口8-8与第三闪蒸室7-3的第三蒸汽出口7-10连通,以使第三闪蒸室7-3的蒸汽进入第三换热单元8-3换热,生成的冷凝水从第三冷凝水出口8-9流入冷凝水管。

[0109] 进一步地,冷凝水管和真空管道分别设置,冷凝水管上还设置有冷凝水收集罐15。

[0110] 进一步地,真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统,还包括真空缓冲罐12,换热组件8、真空缓冲罐12、第一泵10依次连通,以维持低温闪蒸系统真空度稳定,同时可将随不凝气体带出的液滴分离,避免液滴进第一泵对第一泵造成伤害;第二泵11,设置于稀废液存储单元9-1与第一换热器6之间的管道上,以将上清液及预处理后废水送入第一换热器6;第三泵13,外接于换热组件且设置于冷凝水管上,以将蒸汽冷凝水送至脱硫单元2用于脱硫单元2工艺补水。

[0111] 本实施例的真空相变废水浓缩及烟气余热回收系统的工作原理如下:

[0112] 预处理后稀废水进入稀废液存储单元,由第二泵输送至第一换热器,稀废水温度为35℃左右;烟气通过省煤器后,与第一换热介质进行换热,一般第一换热介质的温度为70℃以上,为了最大可能利用烟气余热和防止低温腐蚀,中间第一换热介质的温度选为70℃,经与烟气换热之后其温度升至95℃左右;升温之后的第一换热介质被送至第一换热器,与来自稀废液存储单元的稀废水进行换热,稀废水升温至65-85℃;

[0113] 升温后的稀废水由进液端进入第一闪蒸室进行负压闪蒸,由于第一闪蒸室的负压低于稀废水的饱和蒸气压,稀废水进入后即发生气液分离,第一闪蒸室顶部生成的蒸汽经由第一除雾器除雾后进入第一换热单元与经过第二换热单元换热后的第二换热介质换热,生成的蒸汽冷凝水由冷凝水管进入冷凝水管,闪蒸后的废水沿第一溢流孔进入第二闪蒸室;由于第二闪蒸室的负压低于流入稀废水的饱和蒸气压,稀废水进入后即发生气液分离,第二闪蒸室顶部生成的蒸汽经由第二除雾器除雾后进入第二换热单元与经过第三换热单元换热后的第二换热介质换热,生成的蒸汽冷凝水由冷凝水管进入冷凝水管,闪蒸后的废水沿第二溢流孔进入第三闪蒸室;由于第三闪蒸室的负压低于流入稀废水的饱和蒸气压,稀废水进入后即发生气液分离,第三闪蒸室顶部生成的蒸汽经由第三除雾器除雾后进入第三换热单元与第二换热介质换热,生成的蒸汽冷凝水由冷凝水管进入冷凝水管;冷凝水管中的蒸汽冷凝水继而被第三泵可送至脱硫单元用于脱硫单元工艺补水;经过三级闪蒸罐闪蒸后的浓废水进入浓废液分离单元,经过浓废液分离单元的分级沉淀,上清液被第四泵送

至稀废液存储单元中与稀废水混合,继而将被送往第一换热器再次换热进行循环提浓;将浓废水从浓废水排出口排出,继而得到浓缩废水;升温的第二换热介质返回至低加系统,完成烟气余热的回收。第一闪蒸室、第二闪蒸室与第三闪蒸室的真空均由第一泵提供,且真空度依次增加,从而形成梯级蒸发。

[0114] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

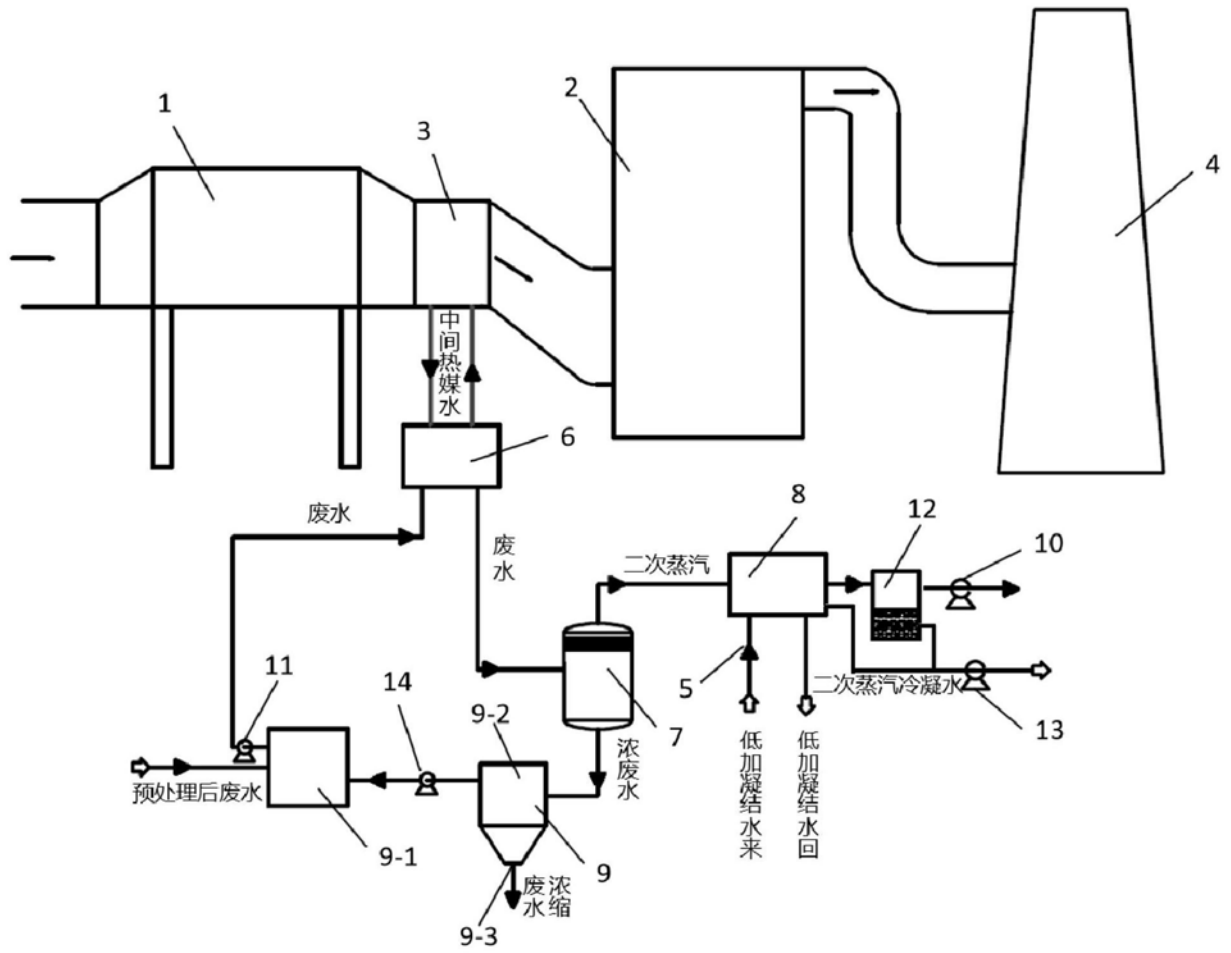


图1

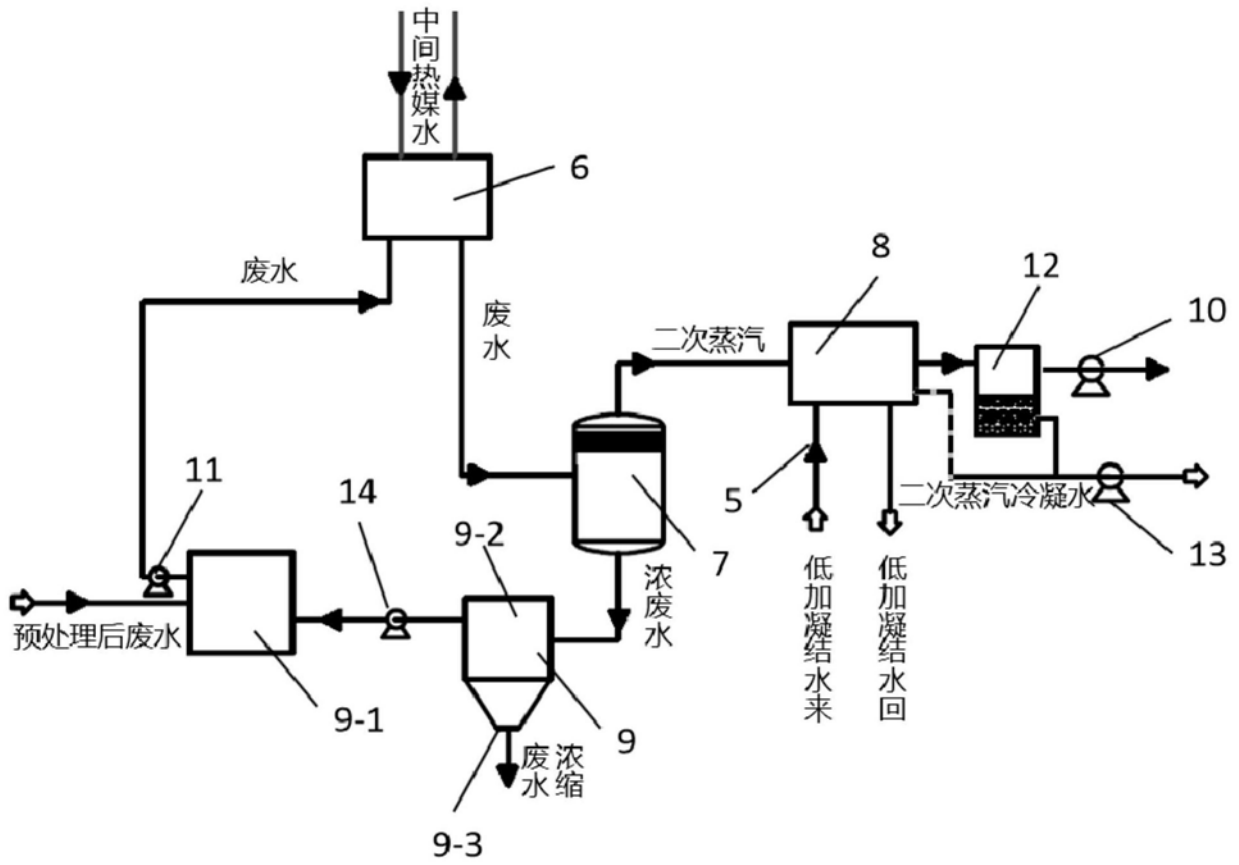


图2

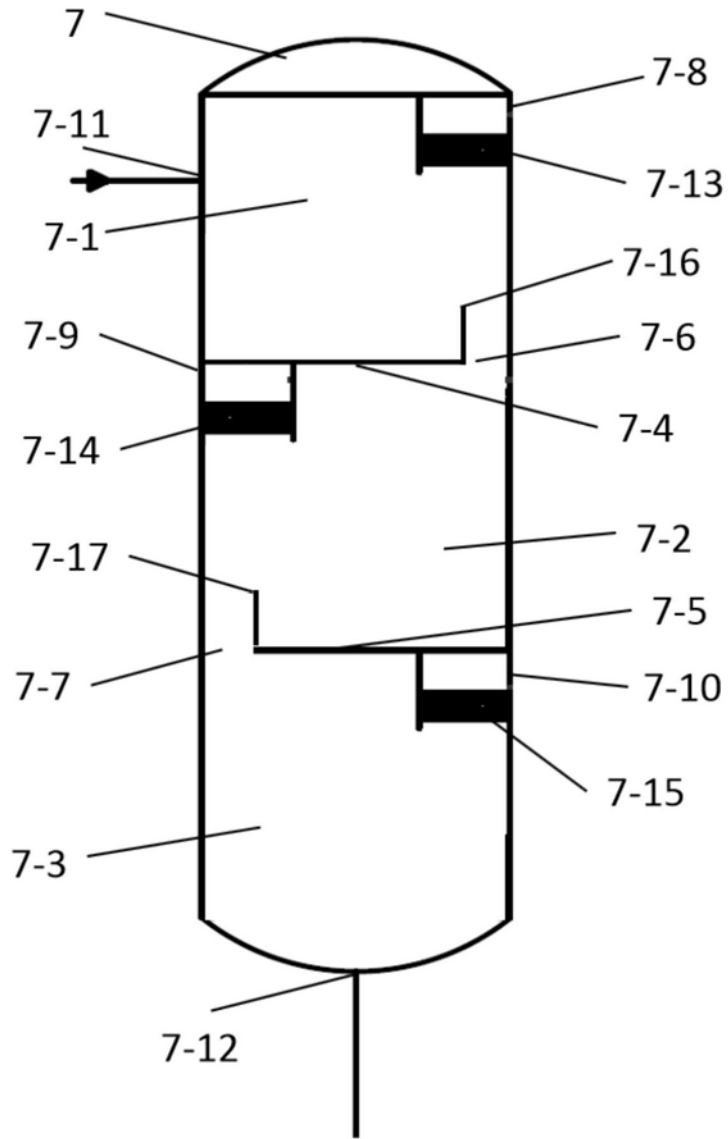


图3

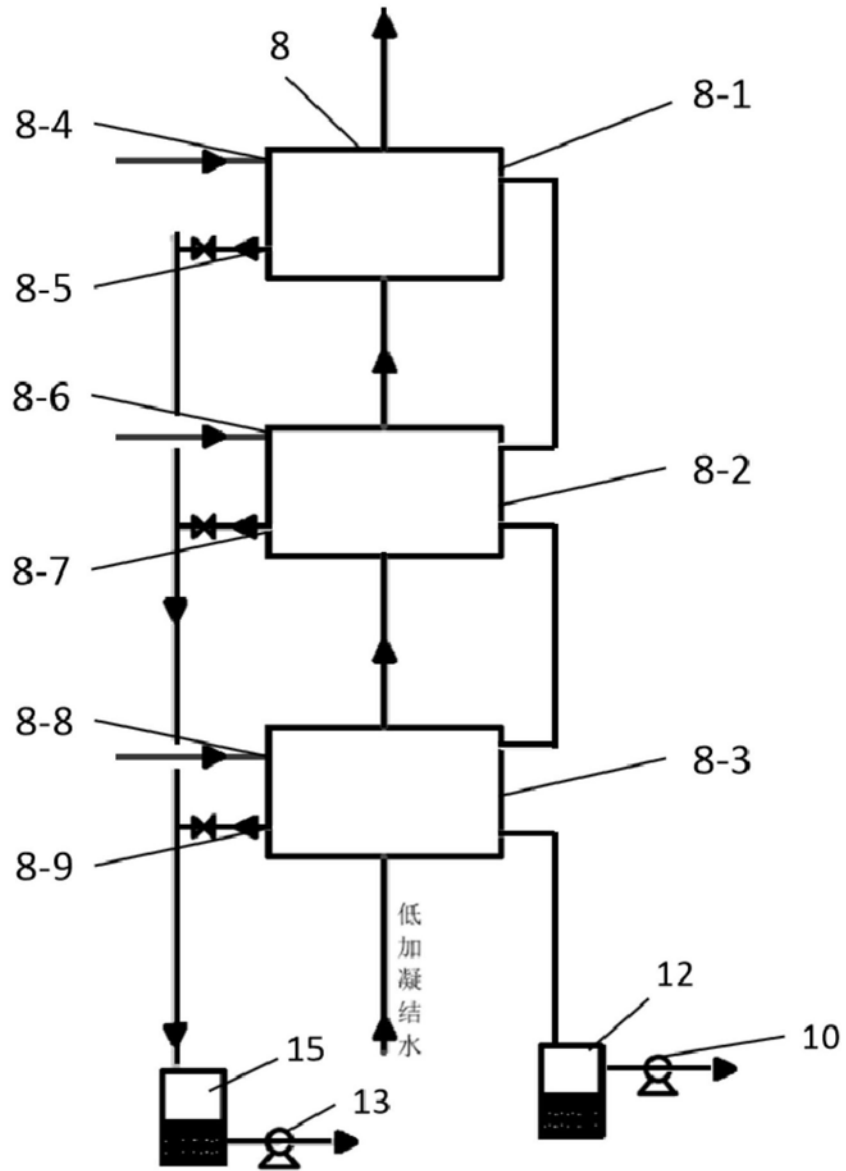


图5

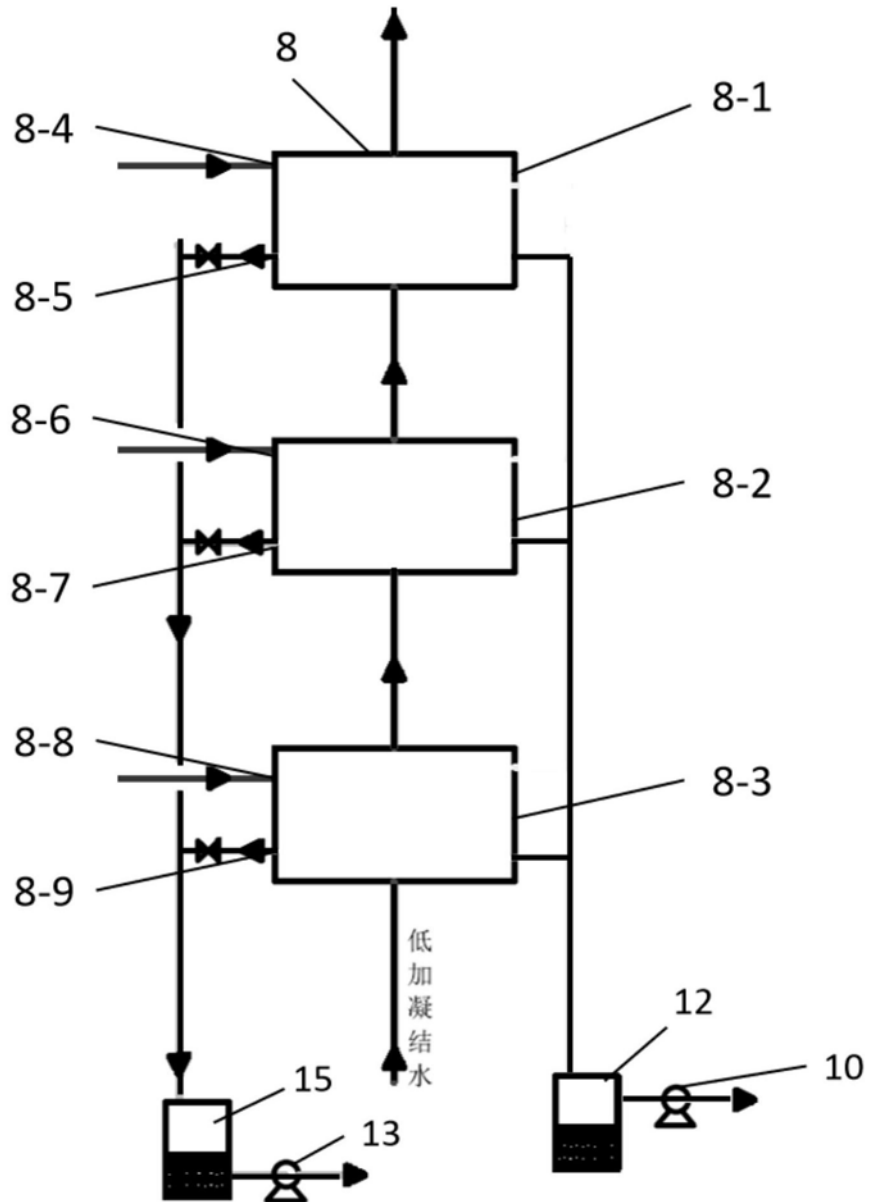


图6

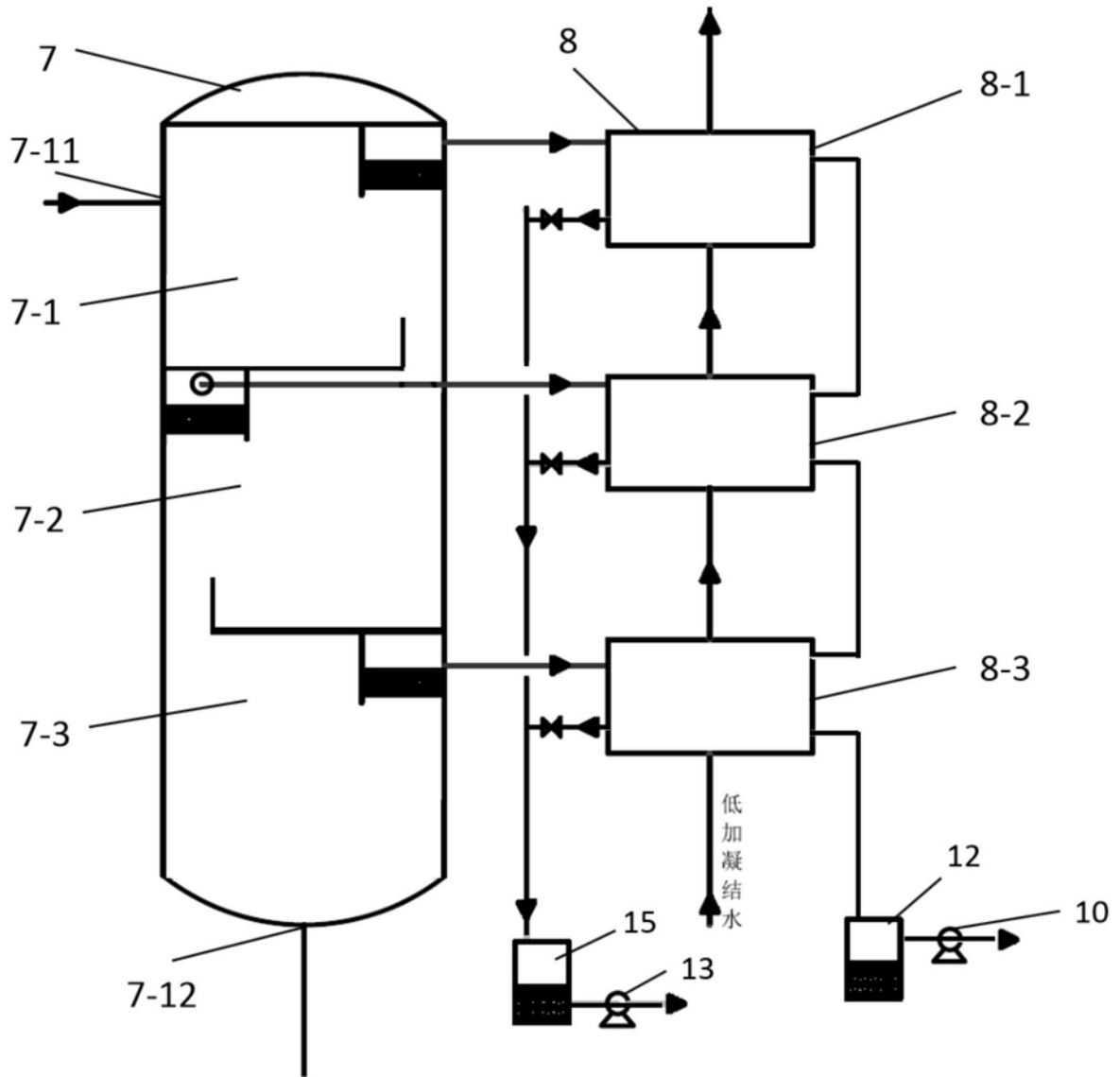


图7

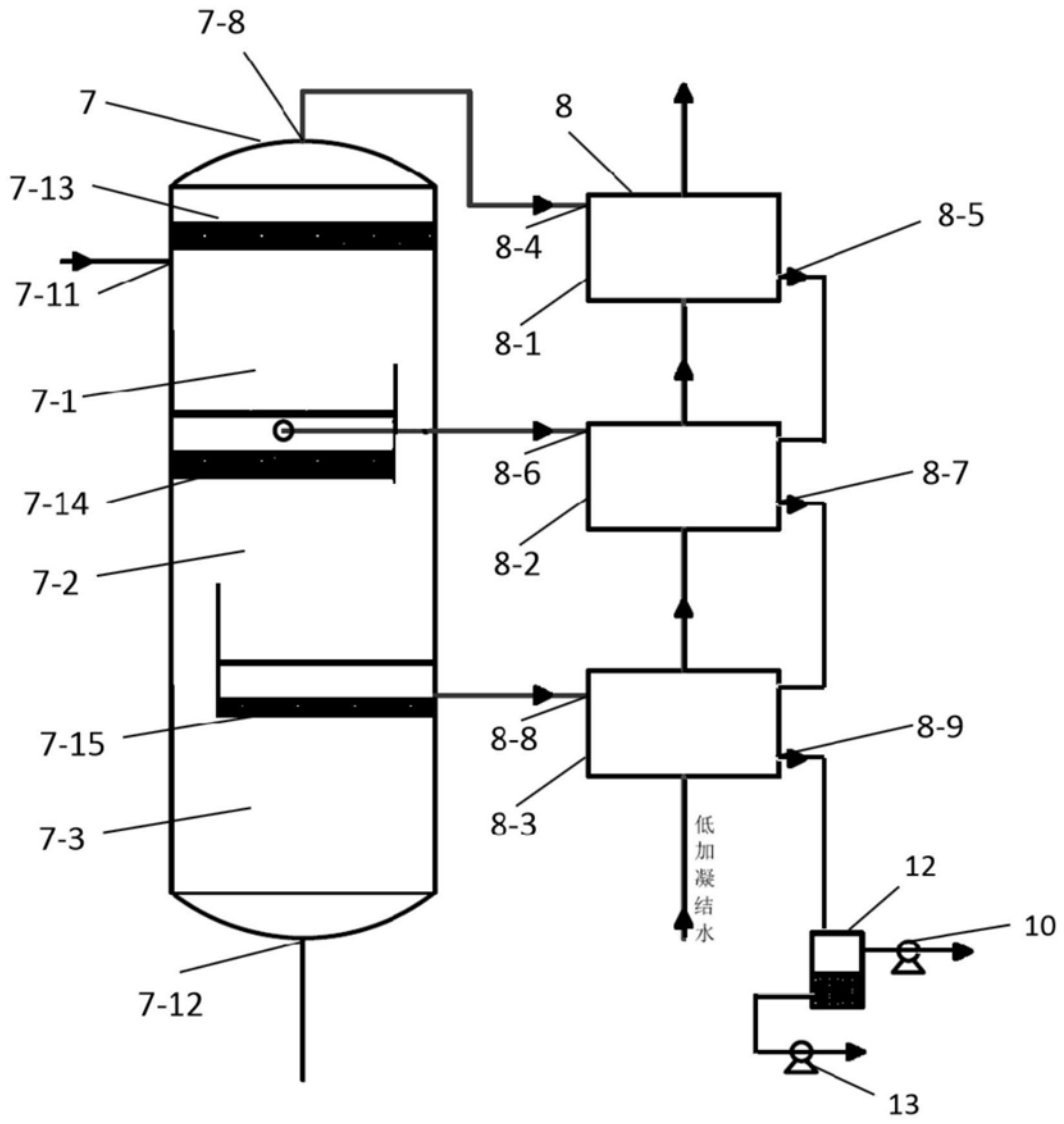


图8

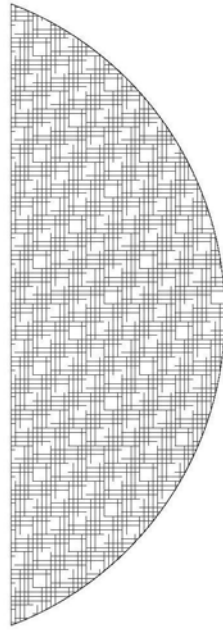


图9

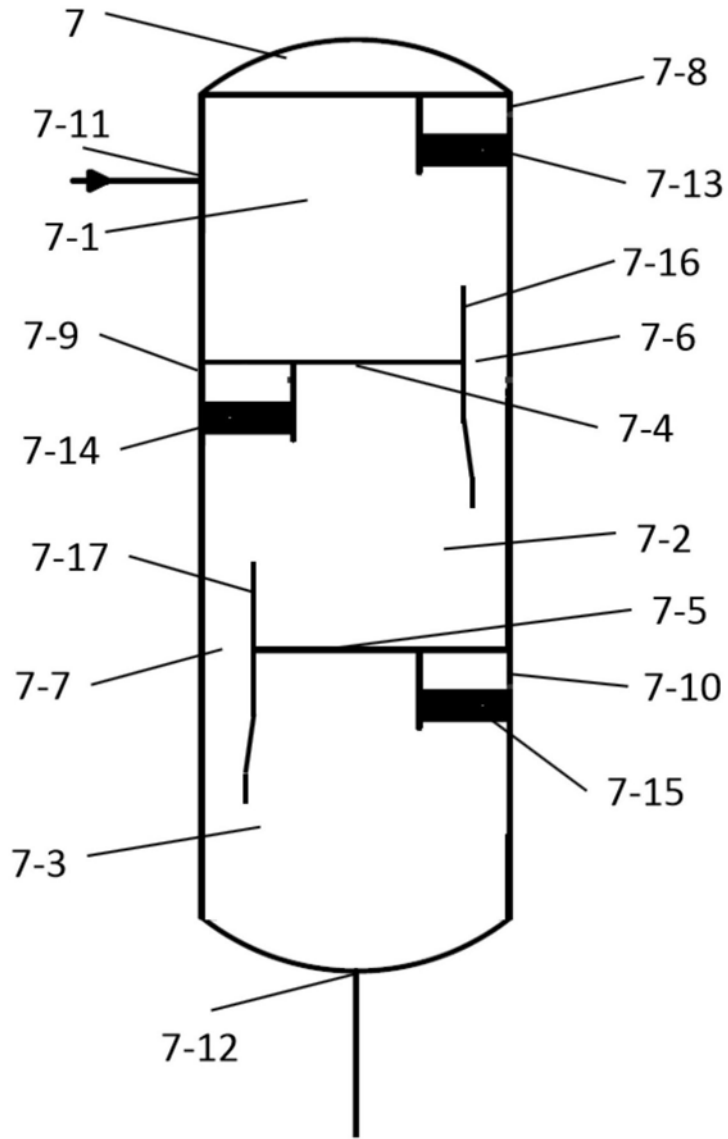


图10

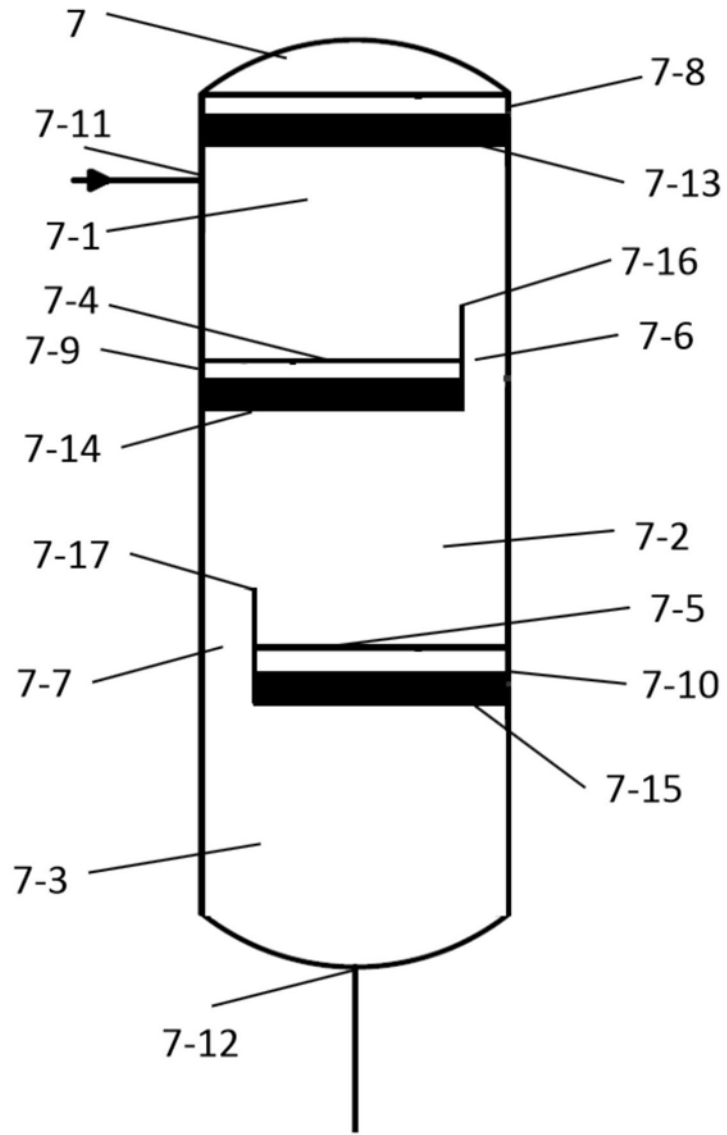


图11