(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110559786 A
(43)申请公布日 2019.12.13

(21)申请号 201910799087.6

(22)申请日 2019.08.28

(71)申请人 嘉兴新嘉爱斯热电有限公司
地址 314000 浙江省嘉兴市秀洲区王江泾镇07省道东侧

(72)发明人 李廉明 俞李斌 何德峰 孟志浩 龚俊 王琦 金建荣 谈群

(74)专利代理机构 浙江千克知识产权代理有限公司 33246
代理人 裴金华

(51)Int.Cl.
B01D 53/00(2006.01)
B01D 53/50(2006.01)
B03C 3/017(2006.01)

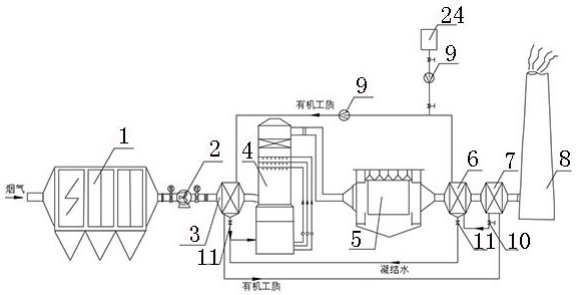
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

基于部分有机朗肯循环的烟气脱白系统及方法

(57)摘要

本发明涉及能源环保技术领域，具体为一种基于部分有机朗肯循环的烟气脱白系统及方法。一种基于部分有机朗肯循环的烟气脱白系统，包括电袋除尘器；引风机，进口通过烟道与所述电袋除尘器的出口连接；烟气多级深度冷却系统余热回收级，进口通过烟道与所述引风机的出口连接；脱硫塔，进口通过烟道与所述烟气多级深度冷却系统余热回收级的出口连接；湿式静电除尘器，进口通过烟道与所述脱硫塔的出口连接。本申请通过工质在烟气多级深度冷却系统和烟气加热系统内的循环，实现了烟气余热的高效率回收并将余热直接用于烟气加热以增加烟气的抬升力；同时，通过烟气的深度冷却，彻底消除了白色烟羽现象并回收烟气冷凝水。



CN 110559786 A

1.基于部分有机朗肯循环的烟气脱白系统,其特征在于:包括

电袋除尘器(1);

引风机(2),进口通过烟道与所述电袋除尘器(1)的出口连接;

烟气多级深度冷却系统余热回收级(3),进口通过烟道与所述引风机(2)的出口连接;

脱硫塔(4),进口通过烟道与所述烟气多级深度冷却系统余热回收级(3)的出口连接;

湿式静电除尘器(5),进口通过烟道与所述脱硫塔(4)的出口连接;

烟气多级深度冷却系统除湿级(6),进口通过烟道与所述湿式静电除尘器(5)的出口连接;

烟气加热系统(7),进口通过烟道与所述烟气多级深度冷却系统除湿级(6)的出口连接、出口通过烟道与烟囱(8)连通;

所述烟气多级深度冷却系统除湿级(6)与所述烟气多级深度冷却系统余热回收级(3)之间设有工质管道一,所述工质管道一设有工质泵(9);所述工质管道一还通过另一工质泵(9)连接工质补充罐(24);

所述烟气多级深度冷却系统余热回收级(3)与所述烟气加热系统(7)之间设有工质管道二;

所述烟气加热系统(7)与所述烟气多级深度冷却系统除湿级(6)之间设有工质管道三,所述工质管道设有节流阀(10)。

2.根据权利要求1所述的基于部分有机朗肯循环的烟气脱白系统,其特征在于:所述烟气加热系统(7)包括

加热工质汇汽集箱(12),设有加热安全阀(14);

加热工质集箱(13),通过加热换热管束(15)与所述加热工质汇汽集箱(12)连接。

3.根据权利要求1所述的基于部分有机朗肯循环的烟气脱白系统,其特征在于:所述烟气多级深度冷却系统余热回收级(3)包括

余热回收工质集箱(16),设有余热回收安全阀(18);

余热回收工质汇汽集箱(17),通过余热回收换热管束(19)与所述余热回收工质集箱(16)连接。

4.根据权利要求1所述的基于部分有机朗肯循环的烟气脱白系统,其特征在于:所述烟气多级深度冷却系统除湿级(6)包括

除湿工质集箱一(20),设有除湿安全阀(22);

除湿工质集箱二(21),通过除湿换热管束(23)与所述除湿工质集箱一(20)连接。

5.根据权利要求1所述的基于部分有机朗肯循环的烟气脱白系统,其特征在于:所述烟气多级深度冷却系统余热回收级(3)与所述脱硫塔(4)之间设有疏水管道一,所述疏水管道一设有疏水阀(11);

所述烟气多级深度冷却系统除湿级(6)与所述脱硫塔(4)之间设有疏水管道二,所述疏水管道二设有疏水阀(11)。

6.基于部分有机朗肯循环的烟气脱白方法,其特征在于:包括

L1,通过电袋除尘器(1)进行烟气除尘;

L2,通过引风机(2)进行烟气增压;

L3,通过烟气多级深度冷却系统余热回收级(3)进行烟气余热回收;

L4,通过脱硫塔(4)进行烟气二氧化硫脱除;

L5,通过湿式静电除尘器(5)进行烟气石膏液滴脱除;

L6,通过烟气多级深度冷却系统除湿级(6)进行烟气水汽脱除;

L7,通过烟气加热系统(7)进行烟气加热后排放至烟囱(8);

同时,工质在所述烟气多级深度冷却系统除湿级(6)中进行初步加热,初步加热的工质由工质管道一及工质泵(9)输送至所述烟气多级深度冷却系统余热回收级(3)中进行工质加热,加热的工质由工质管道二输送至所述烟气加热系统(7)进行烟气加热以冷却,冷却的工质由工质管道三输送回所述烟气多级深度冷却系统除湿级(6)以形成一个工质流动循环;

所述工质流动循环由工质补充罐(24)进行工质补充。

7.根据权利要求6所述的基于部分有机朗肯循环的烟气脱白方法,其特征在于:所述烟气加热系统(7)中,加热的工质由加热工质汇汽集箱(12)经过加热换热管束(15)冷却进入加热工质集箱(13)。

8.根据权利要求6所述的基于部分有机朗肯循环的烟气脱白方法,其特征在于:所述烟气多级深度冷却系统余热回收级(3)中,初步加热的工质由余热回收工质集箱(16)经过余热回收换热管束(19)吸收足够的热量进入余热回收工质汇汽集箱(17)。

9.根据权利要求6所述的基于部分有机朗肯循环的烟气脱白方法,其特征在于:所述烟气多级深度冷却系统除湿级(6)中,冷却的工质由除湿工质集箱一(20)经过除湿换热管束(23)吸收一定的热量进入除湿工质集箱二(21)。

10.根据权利要求6所述的基于部分有机朗肯循环的烟气脱白方法,其特征在于:所述烟气多级深度冷却系统余热回收级(3)通过疏水管道一及疏水阀(11)将凝结水输送至所述脱硫塔(4);

所述烟气多级深度冷却系统除湿级(6)通过疏水管道二及疏水阀(11)将凝结水输送至所述脱硫塔(4)。

基于部分有机朗肯循环的烟气脱白系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及能源环保技术领域，具体为一种基于部分有机朗肯循环的烟气脱白系统及方法。

背景技术

[0002] 目前，燃煤发电行业的烟气治理基本采用超低排放技术，而在超低排放技术中主流的脱硫工艺是采用石灰石-石膏法脱硫+湿式静电除尘工艺。该脱硫工艺主要是利用脱硫塔内喷淋的浆液洗涤烟气中的SO2等污染物。在塔内，烟气温度会降低到45-55℃。洗涤的脱除方法使得脱除污染物后的净烟气携带水量非常大。同时，为了提升除尘效率，湿式静电除尘器内的电极表面覆盖了一层水膜。从脱硫塔内出来烟气进入湿式静电除尘器后，虽然雾滴和粉尘被脱除，但是除尘器内湿度较高的环境使得净烟气的状态变为低温饱和湿烟气。这些低温饱和湿烟气直接经烟囱排入大气。因大气环境温度低，烟气中部分汽态水和污染物凝结成微小液滴。在排放口附近区域形成雾状水汽，其颜色会随着光照和观察角度等原因发生细微变化，形成“白色烟羽”，通常为白色、灰白色。

[0003] 白色烟羽的长度随环境温度、相对湿度以及烟气温度等参数而变，可从数十米到数百米。白烟长度对环境的温度、湿度相当敏感，环境湿度越大，白烟长度越长，且随环境温度的升高而缩短。在低温的冬天，若环境湿度较大，白烟长度可超过数百米甚至几公里。

[0004] 直接排放这些湿饱和烟气主要会带来在以下两个问题：(1)湿烟气的温度低，烟气抬升高度低，不利于烟气扩散；(2)烟气排出后呈白色或灰白色，影响人们的视觉，给周围居民造成困扰。

[0005] 为了尽可能避免出现白色烟羽，减轻白色烟羽对环境、视觉的影响，目前主流的技术方案是对湿烟气进行加热，将脱硫后的 45-55℃烟气加温到90℃以上，可以消除白色烟羽。加热温度，与环境温度、环境湿度、脱硫出口湿烟气温度有关。

[0006] 现有的烟气加热方式分为两种：一种是直接混合加热法，即将高温烟气或热空气直接与脱硫除尘后净烟气直接混合加热的方式，这种方法需要耗费大量清洁燃料或大量增加锅炉辅机的负担；另外一种是脱硫前高温烟气或蒸汽通过蓄热式或管式换热器对低温湿烟气进行加热，或者先冷凝再加热，市场上此类方法普遍存在着能耗高、系统复杂、设备运行不稳定、脱白效果不理想等多种问题。

[0007] 总之，现有的烟气脱白技术普遍存在脱白不彻底和稳定性差等问题，更无法在保证环保排放的同时兼顾节能。

发明内容

[0008] 本发明针对现有技术存在的问题，提出了一种能够彻底、稳定地实现烟气脱白，同时最大限度地节约能源，且兼顾节能与环保的基于部分有机朗肯循环的烟气脱白系统及方法。

[0009] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：一种基于部分有机朗肯循环的烟气

脱白系统，包括

电袋除尘器；

引风机，进口通过烟道与所述电袋除尘器的出口连接；

烟气多级深度冷却系统余热回收级，进口通过烟道与所述引风机的出口连接；

脱硫塔，进口通过烟道与所述烟气多级深度冷却系统余热回收级的出口连接；

湿式静电除尘器，进口通过烟道与所述脱硫塔的出口连接；

烟气多级深度冷却系统除湿级，进口通过烟道与所述湿式静电除尘器的出口连接；

烟气加热系统，进口通过烟道与所述烟气多级深度冷却系统除湿级的出口连接、出口通过烟道与烟囱连通；

所述烟气多级深度冷却系统除湿级与所述烟气多级深度冷却系统余热回收级之间设有工质管道一，所述工质管道一设有工质泵；所述工质管道一还通过另一工质泵连接工质补充罐；

所述烟气多级深度冷却系统余热回收级与所述烟气加热系统之间设有工质管道二；

所述烟气加热系统与所述烟气多级深度冷却系统除湿级之间设有工质管道三，所述工质管道设有节流阀。

[0010] 作为优选，所述烟气加热系统包括

加热工质汇汽集箱，设有加热安全阀；

加热工质集箱，通过加热换热管束与所述加热工质汇汽集箱连接。

[0011] 作为优选，所述烟气多级深度冷却系统余热回收级包括

余热回收工质集箱，设有余热回收安全阀；

余热回收工质汇汽集箱，通过余热回收换热管束与所述余热回收工质集箱连接。

[0012] 作为优选，所述烟气多级深度冷却系统除湿级包括

除湿工质集箱一，设有除湿安全阀；

除湿工质集箱二，通过除湿换热管束与所述除湿工质集箱一连接。

[0013] 作为优选，所述烟气多级深度冷却系统余热回收级与所述脱硫塔之间设有疏水管道一，所述疏水管道一设有疏水阀；

所述烟气多级深度冷却系统除湿级与所述脱硫塔之间设有疏水管道二，所述疏水管道二设有疏水阀。

[0014] 一种基于部分有机朗肯循环的烟气脱白方法，包括

L1，通过电袋除尘器进行烟气除尘；

L2，通过引风机进行烟气增压；

L3，通过烟气多级深度冷却系统余热回收级进行烟气余热回收；

L4，通过脱硫塔进行烟气二氧化硫脱除；

L5，通过湿式静电除尘器进行烟气石膏液滴脱除；

L6，通过烟气多级深度冷却系统除湿级进行烟气水汽脱除；

L7，通过烟气加热系统进行烟气加热后排放至烟囱；

同时，工质在所述烟气多级深度冷却系统除湿级中进行初步加热，初步加热的工质由工质管道一及工质泵输送至所述烟气多级深度冷却系统余热回收级中进行工质加热，加热的工质由工质管道二输送至所述烟气加热系统进行烟气加热以冷却，冷却的工质由工质管

道三输送回所述烟气多级深度冷却系统除湿级以形成一个工质流动循环；

所述工质流动循环由工质补充罐进行工质补充。

[0015] 作为优选，所述烟气加热系统中，加热的工质由加热工质汇汽集箱经过加热换热管束冷却进入加热工质集箱。

[0016] 作为优选，所述烟气多级深度冷却系统余热回收级中，初步加热的工质由余热回收工质集箱经过余热回收换热管束吸收足够的热量进入余热回收工质汇汽集箱。

[0017] 作为优选，所述烟气多级深度冷却系统除湿级中，冷却的工质由除湿工质集箱一经过除湿换热管束吸收一定的热量进入除湿工质集箱二。

[0018] 作为优选，所述烟气多级深度冷却系统余热回收级通过疏水管道一及疏水阀将凝结水输送至所述脱硫塔；

所述烟气多级深度冷却系统除湿级通过疏水管道二及疏水阀将凝结水输送至所述脱硫塔。

[0019] 本发明的有益效果是，本申请通过工质在烟气多级深度冷却系统和烟气加热系统内的循环，实现了烟气余热的高效率回收并将余热直接用于烟气加热以增加烟气的抬升力；同时，通过烟气的深度冷却，降低烟气饱和湿度，使得白色烟羽的载体—液滴完全析出凝结，彻底消除了白色烟羽现象并回收烟气冷凝水，使得整个系统的运行能够彻底、稳定地实现烟气脱白，同时最大限度地节约能源，兼顾节能与环保。

附图说明

[0020] 图1为本发明烟气脱白系统的结构示意图；

图2为烟气加热系统的结构示意图；

图3为烟气多级深度冷却系统余热回收级的结构示意图；

图4为烟气多级深度冷却系统除湿级的结构示意图。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。

[0022] 如图1至图4所示，一种基于部分有机朗肯循环的烟气脱白系统，包括电袋除尘器1、引风机2、烟气多级深度冷却系统余热回收级3、脱硫塔4、湿式静电除尘器5、烟气多级深度冷却系统除湿级6和烟气加热系统7。烟气的种类可以是燃煤锅炉排放的烟气。

[0023] 引风机2进口通过烟道与所述电袋除尘器1的出口连接，用于克服烟气流程的系统阻力，烟气多级深度冷却系统余热回收级3进口通过烟道与所述引风机2的出口连接，脱硫塔4进口通过烟道与所述烟气多级深度冷却系统余热回收级3的出口连接，湿式静电除尘器5进口通过烟道与所述脱硫塔4的出口连接，烟气多级深度冷却系统除湿级6进口通过烟道与所述湿式静电除尘器5的出口连接，烟气加热系统7进口通过烟道与所述烟气多级深度冷却系统除湿级6的出口连接、出口通过烟道与烟囱8连通。

[0024] 此外，所述烟气多级深度冷却系统除湿级6与所述烟气多级深度冷却系统余热回收级3之间设有工质管道一，所述工质管道一设有工质泵9，所述工质管道一还通过另一工质泵9连接工质补充罐24。所述烟气多级深度冷却系统除湿级6包括设置除湿安全阀22的除湿工质集箱一20，除湿工质集箱二21通过除湿换热管束23与所述除湿工质集箱一20连接。

[0025] 所述烟气多级深度冷却系统余热回收级3与所述烟气加热系统7之间设有工质管道二。所述烟气多级深度冷却系统余热回收级3包括设置余热回收安全阀18的余热回收工质集箱16，余热回收工质汇汽集箱17通过余热回收换热管束19与所述余热回收工质集箱16连接。

[0026] 所述烟气加热系统7与所述烟气多级深度冷却系统除湿级6之间设有工质管道三，所述工质管道设有节流阀10。所述烟气加热系统7包括设置加热安全阀14的加热工质汇汽集箱12，加热工质集箱13通过加热换热管束15与所述加热工质汇汽集箱12连接。

[0027] 其中，除湿换热管束23、余热回收换热管束19和加热换热管束15外表面均包覆聚四氟乙烯防腐层。

[0028] 所述部分有机朗肯循环系统的循环工质可以是R123、R245ca、R245fa或异丁烷。

[0029] 所述烟气多级深度冷却系统余热回收级3与所述脱硫塔4之间设有疏水管道一，所述疏水管道一设有疏水阀11，所述烟气多级深度冷却系统除湿级6与所述脱硫塔4之间设有疏水管道二，所述疏水管道二设有疏水阀11。

[0030] 具体工作原理，在烟气侧，燃烧产生的烟气经过电袋除尘器1除尘并经引风机2增压后，首先通过烟气多级深度冷却系统余热回收级3进行余热回收，然后经烟道进入脱硫塔4脱除二氧化硫，再经湿式静电除尘器5脱除石膏液滴，此时烟气中含有大量水汽。含湿量较大的烟气从湿式静电除尘器5流出后，再经烟气多级深度冷却系统除湿级6脱除烟气中的水汽，除湿后的烟气再经过烟气加热系统7升温后通过烟囱8排放。

[0031] 在工质侧，有机工质经工质补充罐24进入工质流动循环内，烟气多级深度冷却系统除湿级6是工质流动循环的起点，工质在烟气多级深度冷却系统除湿级6内，通过除湿工质集箱一20进入除湿换热管束23，被烟气初步加热，再经过除湿工质集箱二21，在工质泵9的作用下进入烟气多级深度冷却系统的烟气余热回收级3。

[0032] 在烟气多级深度冷却系统余热回收级3中，已经初步加热的工质，通过余热回收工质集箱16进入余热回收换热管束19，吸收大量热量产生有机蒸汽，有机蒸汽再经过余热回收工质汇汽集箱17汇集后，通过工质管道二进入烟气加热系统7。

[0033] 在烟气加热系统7中，有机工质蒸汽通过加热工质汇汽集箱12进入加热换热管束15释放热量，并重新变为液体。液态有机工质再流经加热工质集箱13后，再次进入烟气多级深度冷却系统除湿级6，形成闭式循环。在烟气多级深度冷却系统余热回收级3、烟气多级深度冷却系统除湿级6和烟气加热系统7的热交换体系中分别设有加热安全阀14、余热回收安全阀18和除湿安全阀22，保证系统在安全压力下工作。

[0034] 烟气多级深度冷却系统余热回收级3中的冷凝水通过疏水阀11排送至所述脱硫塔4中回用，烟气多级深度冷却系统除湿级6中的冷凝水同样通过疏水阀11排送至与所述脱硫塔4中回用。本申请通过烟气的深度冷却，降低了烟气饱和湿度，使得白色烟羽的载体—液滴完全析出凝结，彻底消除了白色烟羽现象并回收烟气冷凝水。

[0035] 一种部分有机朗肯循环的烟气脱白方法，包括L1，通过电袋除尘器1进行烟气除尘；L2，通过引风机2进行烟气增压；L3，通过烟气多级深度冷却系统余热回收级3进行烟气余热回收；L4，通过脱硫塔4进行烟气二氧化硫脱除；L5，通过湿式静电除尘器5进行烟气石膏液滴脱除；L6，通过烟气多级深度冷却系统除湿级6进行烟气水汽脱除；L7，通过烟气加热系统7进行烟气加热后排放至烟囱8。

[0036] 同时，工质在所述烟气多级深度冷却系统除湿级6中进行初步加热，初步加热的工质由工质管道一及工质泵9输送至所述烟气多级深度冷却系统余热回收级3中进行工质加热，加热的工质由工质管道二输送至所述烟气加热系统7进行烟气加热以冷却，冷却的工质由工质管道三输送回所述烟气多级深度冷却系统除湿级6以形成一个工质流动循环；所述工质流动循环由工质补充罐24进行工质补充。

[0037] 其中，所述烟气加热系统7中，加热的工质由加热工质汇汽集箱12经过加热换热管束15冷却进入加热工质集箱13。所述烟气多级深度冷却系统余热回收级3中，初步加热的工质由余热回收工质集箱16经过余热回收换热管束19吸收足够的热量进入余热回收工质汇汽集箱17。所述烟气多级深度冷却系统除湿级6中，冷却的工质由除湿工质集箱一20经过除湿换热管束23吸收一定的热量进入除湿工质集箱二21。

[0038] 所述烟气多级深度冷却系统余热回收级3通过疏水管道一及疏水阀11将凝结水输送至所述脱硫塔4。所述烟气多级深度冷却系统除湿级6通过疏水管道二及疏水阀11将凝结水输送至所述脱硫塔4。

[0039] 具体工作原理，在烟气侧，燃烧产生的烟气经过电袋除尘器1除尘并经引风机2增压后，首先通过烟气多级深度冷却系统余热回收级3进行余热回收，然后经烟道进入脱硫塔4脱除二氧化硫，再经湿式静电除尘器5脱除石膏液滴，此时烟气中含有大量水汽。含湿量较大的烟气从湿式静电除尘器5流出后，再经烟气多级深度冷却系统除湿级6脱除烟气中的水汽，除湿后的烟气再经过烟气加热系统7升温后通过烟囱8排放。

[0040] 在工质侧，有机工质经工质补充罐24进入工质流动循环内，烟气多级深度冷却系统除湿级6是工质流动循环的起点，工质在烟气多级深度冷却系统除湿级6内，通过除湿工质集箱一20进入除湿换热管束23，被烟气初步加热，再经过除湿工质集箱二21，在工质泵9的作用下进入烟气多级深度冷却系统的烟气余热回收级3。

[0041] 在烟气多级深度冷却系统余热回收级3中，已经初步加热的工质，通过余热回收工质集箱16进入余热回收换热管束19，吸收大量热量产生有机蒸汽，有机蒸汽再经过余热回收工质汇汽集箱17汇集后，通过工质管道二进入烟气加热系统7。

[0042] 在烟气加热系统7中，有机工质蒸汽通过加热工质汇汽集箱12进入加热换热管束15释放热量，并重新变为液体。液态有机工质再流经加热工质集箱13后，再次进入烟气多级深度冷却系统除湿级6，形成闭式循环。在烟气多级深度冷却系统余热回收级3、烟气多级深度冷却系统除湿级6和烟气加热系统7的热交换体系中分别设有加热安全阀14、余热回收安全阀18和除湿安全阀22，保证系统在安全压力下工作。

[0043] 烟气多级深度冷却系统余热回收级3中的冷凝水通过疏水阀11排送至所述脱硫塔4中回用，烟气多级深度冷却系统除湿级6中的冷凝水同样通过疏水阀11排送至与所述脱硫塔4中回用。本申请通过烟气的深度冷却，降低了烟气饱和湿度，使得白色烟羽的载体—液滴完全析出凝结，彻底消除了白色烟羽现象并回收烟气冷凝水。

[0044] 上面所述的实施例仅是对本发明的优选实施方式进行描述，并非对本发明的构思和范围进行限定。在不脱离本发明设计构思的前提下，本领域普通人员对本发明的技术方案做出的各种变型和改进，均应落入到本发明的保护范围，本发明请求保护的技术内容，已经全部记载在权利要求书中。

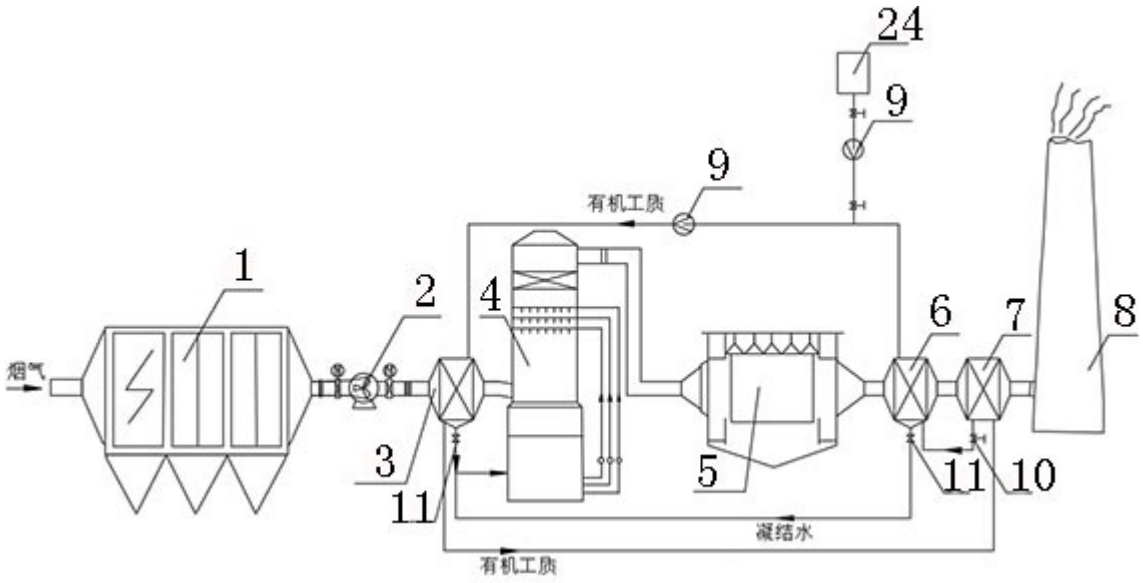

24
9
9
有机工质
1
2
4
6
7
8
烟气
3
11
5
11
10
凝结水
有机工质

图1

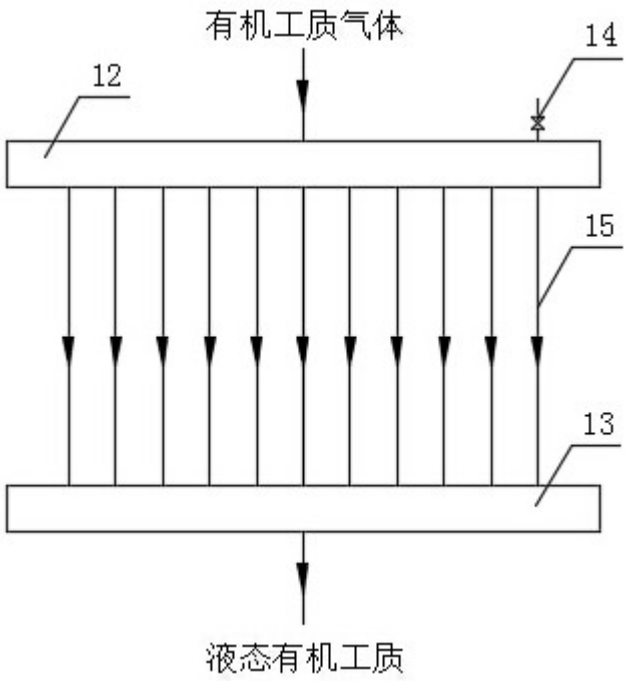

有机工质气体
14
12
15
13
液态有机工质

图2

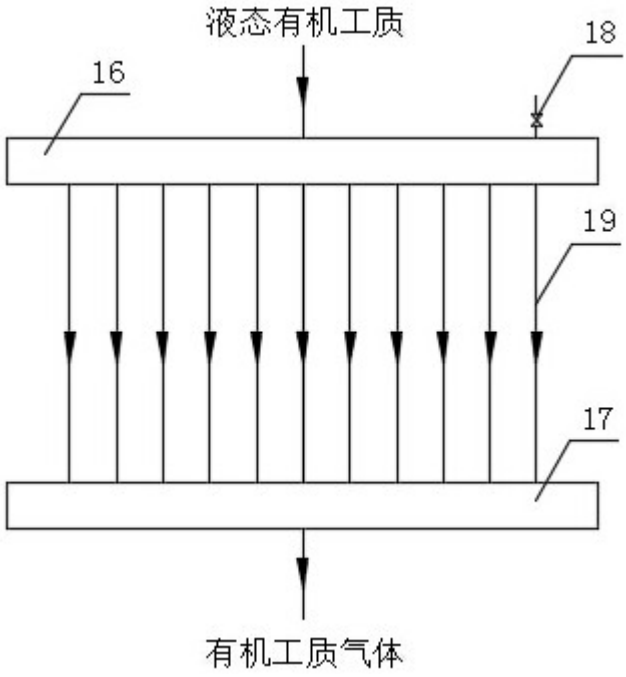


图3

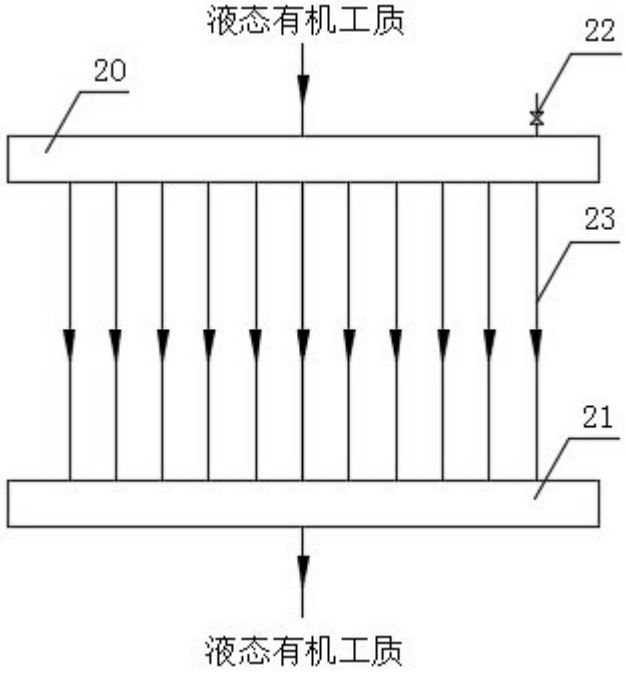


图4