(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115164225 A
(43)申请公布日 2022.10.11

(21)申请号 202210809211.4

(22)申请日 2022.07.11

(71)申请人 江苏省环境工程技术有限公司
地址 210019 江苏省南京市建邺区嘉陵江东街8号2幢3单元9层

(72)发明人 惠斌 田昊 刘伟 杨振亚 沈达

(74)专利代理机构 南京知识律师事务所 32207
专利代理师 卢亚丽

(51)Int.Cl.
F23J 15/06(2006.01)
F23J 15/02(2006.01)
F28B 3/00(2006.01)
F28B 9/08(2006.01)
F28G 9/00(2006.01)

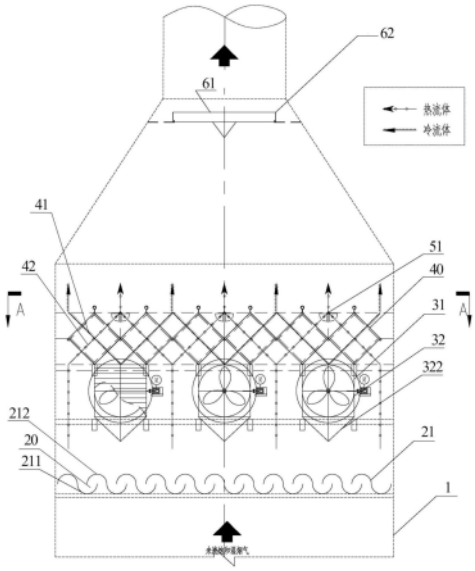
权利要求书2页 说明书11页 附图11页

(54)发明名称

一种回收烟气水分的设备

(57)摘要

本申请涉及烟气治理技术领域，提供一种回收烟气水分的设备。包括沿热烟气流方向自下向上依次设置的收水模块、横流鼓风模块以及散热混流模块；所述收水模块上具有供热烟气通过的通道，以及用于导水的凹部；所述横流鼓风模块，提供冷流体介质，以用于对经过所述通道的热烟进行换热；所述散热混流模块具有若干个散热元件；所述散热元件具有冷流体流道与热流体流道。本申请的设备及方法能够适应大流量、污染物指标已达标、饱和或过饱和湿度的烟气工况，能在原有的脱硫塔(喷淋塔、湿电塔)顶部集成式安装。



CN 115164225 A

1.一种回收烟气水分的设备，包括塔体，其特征在于，在塔体内沿自下向上的湿热烟气气流方向依次设置有收水模块、横流鼓风模块、散热混流模块；

所述收水模块包括集水槽以及多个并列的冷凝板组成的冷凝元件；相邻两个冷凝板之间有间隔形成通道，使得湿热烟气从通道流过并继续向上，所述通道的烟气入口和出口在水平方向上错位而处于不同的垂线上；所述冷凝板的下部弯折形成凹部，所述凹部自冷凝板的首端延伸至尾端，且冷凝板的首端高、尾端低；在与冷凝板尾端相对的塔体侧面内壁上固定连接有集水槽，所述集水槽位于冷凝板尾端水平高度的下方，使得冷凝板上聚集在凹部的水汇集流入集水槽中，所述集水槽连接有通向塔体外的排水管；

所述散热混流模块包括若干长方体结构的散热元件，散热元件内部设置有相互独立、流向交叉的冷流体流道与热流体流道；每个散热元件内任意相邻的冷流体流道与热流体流道共用传热板壁作为换热面；

两个散热元件形成一个散热单元，每个散热单元的两个散热元件的冷流体通道入口相邻并位于散热单元的中间，热流体通道入口位于散热单元的两侧，相邻的两个散热单元的热流体通道入口相邻；

所述横流鼓风模块位于散热混流模块下方，包括横流鼓风机以及与横流鼓风机相连通的干冷介质进气风箱；所述干冷介质进气风箱水平径向设置于塔内，横流鼓风机设置于塔体侧面；每套横流鼓风模块设置在一个散热单元中间的下方，每个干冷介质进气风箱的顶部与所述散热单元的相邻两个冷流体通道入口连通。

2.根据权利要求1所述的回收烟气水分的设备，其特征在于，所述收水模块的冷凝板为曲面板，曲面包括一个凹部和一个凸部，形成侧面为卧倒S形的结构；冷凝板的凸部位于相邻的冷凝板的凹部之上，形成供湿热烟气弯曲流动的通道。

3.根据权利要求1所述的回收烟气水分的设备，其特征在于，所述干冷介质进气风箱内部设有倾斜的一字形导流叶片，用于将干冷空气导入所述散热混流模块；

所述干冷介质进气风箱的外部底端下方连接有V形导流板，使得湿热烟气避开所述干冷介质进气风箱而向上流入散热元件的热流体通道入口。

4.根据权利要求1所述的回收烟气水分的设备，其特征在于，所述散热混流模块的散热元件的水平排列方式为菱形布置时，相邻的两个菱形散热元件通过边贴合；

散热元件的长方体的六个面中，至少有两个相对的面为正方形，正方形面旋转45°形成菱形面；散热元件内有与菱形面平行的换热面，将长方体内部分隔为冷流体通道和热流体通道，并将除菱形面外的其余四个面各自分隔成两半；两个菱形面封闭，其余四个面均有一半封闭，另一半开口，贯通形成呈矩形管状的相互垂直的冷流体通道和热流体通道。

5.根据权利要求1所述的回收烟气水分的设备，其特征在于，所述散热混流模块的散热元件的水平排列方式为矩形布置时，相邻的两个散热元件并列排布并通过面贴合；

矩形布置时，散热元件长方体四个侧面封闭，冷流体通道与热流体通道入口和出口分别位于长方体底面和顶面；散热元件顶面和底面均被中线均匀分为四个象限，顶面与底面对四个象限的划分上下相同；

散热元件底面的第二和第四象限以及顶面的第一和第三象限为开口，其余象限封闭；底面的第二象限与顶面的第三象限贯通形成冷流体通道，底面的第四象限与顶面的第一象限贯通，形成热流体通道；

所述冷热流体通道和热流体通道从入口到出口方向分为竖直段与倾斜段，使得气体从竖直段竖直向上进入并通过倾斜段沿倾斜方向从顶面的通道出口流出。

6.根据权利要求1所述的回收烟气水分的设备，其特征在于，所述散热混流模块外周设置有长方体结构的框架，所述散热元件的传热板壁与散热元件其余结构间为可拆卸式连接。

7.根据权利要求1所述的回收烟气水分的设备，其特征在于，所述横流鼓风模块还包括设置在干冷介质进气风箱与横流鼓风机之间或者设置在横流鼓风机入风口外侧的多叶片调风挡板；所述多叶片调风挡板包括若干个带密封片的角度可调节的长方形叶片；

在横流鼓风机入风口外侧设置有初效过滤器，所述初效过滤器内设置有压缩空气定期吹扫装置。

8.根据权利要求1所述的回收烟气水分的设备，其特征在于，所述横流鼓风模块的干冷介质进气风箱的两端各连接一个横流鼓风机。

9.根据权利要求1所述的回收烟气水分的设备，其特征在于，所述散热混流模块的热流体通道出口的上方设有自动在线清洗功能模块；所述自动在线清洗功能模块包括设于散热混流模块上方的喷管，以及用于控制喷管喷淋的自动冲洗阀；

所述集水槽的排水管与塔体外的工艺水箱连通，所述工艺水箱通过冲洗水泵、自动冲洗阀与所述喷管连通。

10.根据权利要求1所述的回收烟气水分的设备，其特征在于，还包括在塔内散热混流模块的上方设置的旋流收水装置，所述旋流收水装置固定连接于塔顶侧壁上，包括旋流叶片以及围绕旋流叶片一周并与旋流叶片固定连接的集水环，所述集水环底部设置有排水口；所述旋流叶片为旋转布设，并相对于同一平面具有20-35°仰角以及10-25°的径向角。

一种回收烟气水分的设备

技术领域

[0001] 本申请属于烟气治理技术领域,具体涉及一种回收烟气水分的设备。

背景技术

[0002] 目前,烟气污染物的治理一般采用湿法处理工艺,包括湿法脱硫、湿式喷淋洗涤、旋流板塔处理、湿式静电除尘等,在净化废气中污染物的同时,经处理后的烟气往往会呈现湿饱和状态。这些饱和湿烟气排放大气带来以下三方面问题:

[0003] 一是排放至大气的烟气在温度低或者湿度高的工况条件下产生大量白色雨雾,尽管其污染物贡献有限,但因其排气量大,扩散条件较差等原因,视觉污染较为严重。白色“雨雾”在冬季寒冷工况下造成能见度降低、道路和设备设施表面结冰等问题,严重影响周边交通通行和厂区内安全生产。

[0004] 二是湿处理工艺的蒸发水量较大,也因此产生大量的系统补水需求。以一台300MW机组湿法脱硫系统为例,仅脱硫蒸发水量即达到近50t/h,弥散在空气中的饱和湿烟气带走了大量洁净水,按照新水折算标准煤系数0.257kgce/t(GB/T2598-2020附表B.1),仅脱硫系统补水每年可消耗102.8t标准煤,产生285t二氧化碳排放。

[0005] 三是大量的水量蒸发导致湿处理系统的循环水中的不可挥发分不断浓缩,危害性较大的包括了氯离子等。受各地环境容量限制,相当一部分新建工厂,排放总量限值相当严苛,甚至无废水外排余量。在废水无法外排置换的情况下,水量蒸发导致的氯离子浓缩可使循环浆液中氯根浓度迅速升至10000ppm以上,腐蚀设备及管道,造成设备故障和财产损失。如果采用浓缩蒸发、超滤反渗透等废水零排放技术脱除水中的氯离子,则增加大量设备投资和运行成本。

[0006] 目前烟气“消白”收水技术包括:烟气冷凝技术、冷凝+再热技术、膜回收技术,吸收剂吸附技术等。烟气冷凝技术常规采用间壁式冷凝换热器,采用空冷或者水冷方式,但设备体积大,烟气阻力大等问题突出。膜冷却分离技术回收水质较好,但应用气量普遍较小,系统阻力大,膜材料成本高,阻力大。吸收剂吸附技术常采用固体吸附剂如硅胶、活性氧化铝、甘醇类物质等,因其吸附剂的使用和更换成本较大,仅用于小气量的水蒸气吸附工艺。

[0007] 可见,现有相关技术存在一定问题或缺陷,一是现有技术的方法设备集成度低,以冷凝+再热技术为例,烟气冷凝器和烟气加热器各自单独布置,设备占地空间大;二是针对排放量超过50万m^3/h的工业烟气,设备投资和运行能耗大;三是消耗额外冷源及热源,经济效益不显著。

发明内容

[0008] 本申请提供一种回收烟气水分的设备,以解决现有相关技术中,对于烟气水分的回收设备和工艺投资成本和运行能耗大,经济效益不显著,以及设备集成度低、占地空间大等问题。

[0009] 本申请提供一种回收烟气水分的设备,包括:塔体,在塔体内沿自下向上的湿热烟

气气流方向依次设置有收水模块、横流鼓风模块、散热混流模块；

[0010] 所述收水模块包括集水槽以及多个并列的冷凝板组成的冷凝元件；相邻两个冷凝板之间有间隔形成通道，使得湿热烟气从通道流过并继续向上，所述通道的烟气入口和出口在水平方向上错位而处于不同的垂线上；所述冷凝板的下部弯折形成凹部，所述凹部自冷凝板的首端延伸至尾端，且冷凝板的首端高、尾端低；在与冷凝板尾端相对的塔体侧面内壁上固定连接有集水槽，所述集水槽位于冷凝板尾端水平高度的下方，使得冷凝板上聚集在凹部的水汇集流入集水槽中，所述集水槽连接有通向塔体外的排水管；

[0011] 所述散热混流模块包括若干长方体结构的散热元件，散热元件内部设置有相互独立、流向交叉的冷流体流道与热流体流道；每个散热元件内任意相邻的冷流体流道与热流体流道共用传热板壁作为换热面；

[0012] 两个散热元件形成一个散热单元，每个散热单元的两个散热元件的冷流体通道入口相邻并位于散热单元的中间，热流体通道入口位于散热单元的两侧，相邻的两个散热单元的热流体通道入口相邻；

[0013] 所述横流鼓风模块位于散热混流模块下方，包括横流鼓风机以及与横流鼓风机相连通的干冷介质进气风箱；所述干冷介质进气风箱水平径向设置于塔内，横流鼓风机设置于塔体侧面；每套横流鼓风模块设置在一个散热单元中间的下方，每个干冷介质进气风箱的顶部与所述散热单元的相邻两个冷流体通道入口连通。

[0014] 可选的，所述收水模块的冷凝板为曲面板，曲面包括一个凹部和一个凸部，形成侧面为卧倒S形的结构；冷凝板的凸部位于相邻的冷凝板的凹部之上，形成供湿热烟气弯曲流动的通道。

[0015] 可选的，其特征在于，所述干冷介质进气风箱内部设有倾斜的一字形导流叶片，用于将干冷空气导入所述散热混流模块；所述干冷介质进气风箱的外部底端下方连接有V形导流板，使得湿热烟气避开所述干冷介质进气风箱而向上流入散热元件的热流体通道入口。

[0016] 可选的，所述散热混流模块的散热元件的水平排列方式为菱形布置时，相邻的两个菱形散热元件通过边贴合；散热元件的长方体的六个面中，至少有两个相对的面为正方形，正方形面旋转45°形成菱形面；散热元件内有与菱形面平行的换热面，将长方体内部分隔为冷流体通道和热流体通道，并将除菱形面外的其余四个面各自分隔成两半；两个菱形面封闭，其余四个面均有一半封闭，另一半开口，贯通形成呈矩形管状的相互垂直的冷流体通道和热流体通道。

[0017] 可选的，所述散热混流模块的散热元件的水平排列方式为矩形布置时，相邻的两个散热元件并列排布并通过面贴合；矩形布置时，散热元件长方体四个侧面封闭，冷流体通道与热流体通道入口和出口分别位于长方体底面和顶面；散热元件顶面和底面均被中线均匀分为四个象限，顶面与底面对四个象限的划分上下相同；散热元件底面的第二和第四象限以及顶面的第一和第三象限为开口，其余象限封闭；底面的第二象限与顶面的第三象限贯通形成冷流体通道，底面的第四象限与顶面的第一象限贯通，形成热流体通道；所述冷热流体通道和热流体通道从入口到出口方向分为竖直段与倾斜段，使得气体从竖直段竖直向上进入并通过倾斜段沿倾斜方向从顶面的通道出口流出。

[0018] 可选的，所述散热混流模块外周设置有长方体结构的框架，所述散热元件的传热

板壁与散热元件其余结构间为可拆卸式连接。

[0019] 可选的，所述横流鼓风模块还包括设置在干冷介质进气风箱与横流鼓风机之间或者设置在横流鼓风机入风口外侧的多叶片调风挡板；所述多叶片调风挡板包括若干个带密封片的角度可调节的长方形叶片；在横流鼓风机入风口外侧设置有初效过滤器，所述初效过滤器内设置有压缩空气定期吹扫装置。

[0020] 可选的，所述横流鼓风模块的干冷介质进气风箱的两端各连接一个横流鼓风机。

[0021] 可选的，所述散热混流模块的热流体通道出口的上方设有自动在线清洗功能模块；所述自动在线清洗功能模块包括设于散热混流模块上方的喷管，以及用于控制喷管喷淋的自动冲洗阀；所述集水槽的排水管与塔体外的工艺水箱连通，所述工艺水箱通过冲洗水泵、自动冲洗阀与所述喷管连通。

[0022] 可选的，还包括在塔内散热混流模块的上方设置的旋流收水装置，所述旋流收水装置固定连接于塔顶侧壁上，包括旋流叶片以及围绕旋流叶片一周并与旋流叶片固定连接的集水环，所述集水环底部设置有排水口；所述旋流叶片为旋转布设，并相对于同一平面具有20-35°仰角以及10-25°的径向角。

[0023] 与现有技术相比，本申请的回收烟气水分的设备，具有以下有益效果：

[0024] 1)冷热流体充分混合：通过对散热单元的冷热流体通道的构思，并设置菱形布置、矩形布置两种散热元件的分布排列方式，并巧妙形成“热-冷-冷-热”散热单元流体通道的布局，结合下方横流鼓风模块的布设，使得散热混流模块出口的冷热流体流道交错，充分混合传热，确保了冷热流体的混合均匀性，增强了对湿热烟气水分的回收效率。

[0025] 2)利用自身热源、运行能耗低：利用饱和湿烟气的自身汽化潜热作为烟气再热的主要热源，不消耗额外热源。经实际运行测算，本系统运行能耗约为0.5-0.6kW/万Nm^3，折算标煤0.062-0.074kgce/h。

[0026] 3)节水效益显著：系统冷凝水单独收集，水质良好，水量稳定，可作为系统补水，节水量在0.2-0.4t/万Nm^3，折算标煤0.052-0.103kgce/h，基本可以覆盖运行能耗的增加值。

[0027] 4)减少废水排放，减缓设备腐蚀：通过烟气水分的回收，可以减少系统蒸发量，从而减缓系统中氯离子等腐蚀性介质的浓缩速度，减缓设备腐蚀，部分烟气条件下冷凝水量可完全替代系统补水，则可省去废水脱盐处理等高能耗高成本的废水处理工艺。

[0028] 5)集成式布置：本设备将收水模块、横流鼓风模块以及散热混流模块等关键装置部件集成在一体化设备中，形成塔式结构，湿热烟气从底部进入，可利用原有设备塔体进行集成化改造，不增加原有设备截面尺寸，不增加额外的设备占地。

[0029] 6)可拆卸式模块结构：采用可拆卸式模块结构，散热混流模块以及其中的散热元件，可根据设备现场情况采用灵活的布置形式，可拆卸的模块可在设备检修期间灵活取出更换。

[0030] 7)轻质模块结构：本设备可采用耐腐蚀金属或非金属材质散热元件，模块化组装，模块重量小，便于装卸，大幅降低设备荷载，可适用于现有设备的技术改造。

[0031] 8)可适用于大气量烟气处理：本发明可适用于10～150万m^3/h气量的烟气处理工程，随着项目烟气量的增加，项目的节能节水效益更加显著。

[0032] 综上，本申请设备具有结构紧凑、占地面积小、附属设备少、无需额外热源、节水效益显著、运行成本低等优势。同时，本申请的设备及方法能够适应大流量、污染物指标已达

标、饱和或过饱和湿度的烟气工况，在原有的脱硫塔(喷淋塔、湿电塔)顶部集成式安装，在不消耗额外热源的情况下，实现烟气消雾和冷凝提水，可减少原有系统补水量50～100％。

附图说明

[0033] 为了更清楚地说明本申请的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，对于本领域普通技术人员而言，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。

[0034] 图1为本申请实施例的散热元件菱形布置时的设备正视图；

[0035] 图2为本申请实施例的散热元件菱形布置时的设备侧视图；

[0036] 图3为本申请实施例的散热元件矩形布置时的设备正视图；

[0037] 图4为本申请实施例的散热元件矩形布置时的设备侧视图；

[0038] 图5为本申请实施例的散热混流模块俯视图；

[0039] 图6为本申请实施例菱形布置时的散热单元冷热流体通道走向正面示意图；

[0040] 图7为本申请实施例矩形布置时的散热单元冷热流体通道走向正面示意图；

[0041] 图8为本申请实施例菱形布置时的散热元件冷热流体通道立体结构示意图；

[0042] 图9为本申请实施例矩形布置时的散热元件冷热流体通道立体结构示意图；

[0043] 图10为本申请实施例的旋流收水装置正面结构示意图；

[0044] 图11为本申请实施例的旋流收水装置俯视结构示意图；

[0045] 图12为本申请实施例的旋流收水装置立体结构示意图；

[0046] 图13为饱和空气焓湿曲线图。

[0047] 图中，1-塔体，11-工艺水箱，20-通道，21-冷凝板，211-凹部，212-凸部，22-集水槽，23-排水管，31-横流鼓风机，32-干冷介质进气风箱，321-一字形导流叶片，322-V形导流板，33-多叶片调风挡板，40-散热元件，401-正方形面/菱形面，41-冷流体通道，411-竖直段，412-倾斜段，42-热流体通道，43-换热面，51-喷管，52-自动冲洗阀，53-冲洗水泵，61-旋流叶片，62-集水环，63-排水口。

具体实施方式

[0048] 为了使本申请的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图和实施例对本申请进行详细说明。

[0049] 如图1～4所示，本申请实施例提供的回收烟气水分的设备，呈塔型结构，包括塔体1，在塔体内沿自下向上的湿热烟气气流方向依次设置有收水模块、横流鼓风模块、散热混流模块；此外作为优选，本实施例还设置位于散热混流模块上方的自动在线清洗功能模块，以及位于上方塔顶的旋流收水及混流模块。

[0050] 各模块具体如下：

[0051] A.收水模块

[0052] 所述收水模块包括集水槽22以及多个并列的冷凝板21组成的冷凝元件；相邻两个冷凝板21之间有间隔形成通道，使得湿热烟气从通道流过并继续向上，所述通道的烟气入口和出口在水平方向上错位而处于不同的垂线上；所述冷凝板21的下部弯折形成凹部211，所述凹部211自冷凝板21的首端延伸至尾端，且冷凝板的首端高、尾端低；与冷凝板21尾端

相对的塔体侧面内壁上固定连接有集水槽22，所述集水槽22位于冷凝板尾端水平高度的下方，使得冷凝板21上聚集在凹部211的水汇集流入集水槽22中，所述集水槽22连接有通向塔体外的排水管23；

[0053] 具体地，收水模块用于收集散热混流模块从烟气中冷凝的明水，同时提供气流均布和冷热气体二次混合。所述收水模块上具有供热烟气通过的通道，以及用于导水的凹部211。收水模块设置于横流鼓风模块的干冷介质进气风箱下部，塔内满铺，用于收集烟气经散热混流模块冷凝后从上方掉落到冷凝板21上的冷凝水，收集后的冷凝水流至凹部211，并经集水槽22输送至工艺水箱11循环使用。具体而言，多个冷凝板21并列交错排布形成冷凝元件，从俯视角度看冷凝元件形成的面无缝隙或间隔，使得冷凝水从上方垂直掉落时均能落到冷凝板21上，然后汇集到凹部211中；而从立体视角，冷凝板21高低交错排列形成了通道，并使通道的烟气入口和出口不在同一垂直线上，保证了冷凝水从上方垂直落下时，不会直接穿过通道落到收水模块的下方。通过冷凝元件的设置，将收水模块上方的冷凝水尽可能地收集并汇入到了集水槽22中。

[0054] 作为优选，在本实施例中，如图2、图4所示，所述收水模块的冷凝板21为曲面板，曲面包括一个凹部211和一个凸部212，形成侧面为卧倒S形的结构；冷凝板21的凸部212位于相邻的冷凝板的凹部211之上，形成供湿热烟气弯曲流动的通道20。

[0055] 具体地，所述冷凝元件可采用S型收水器，所述S形收水器包括若干个S形收水元件，相邻两个S形收水元件的间隙作为热流体的通道20，沿气流方向热流体通道截面尺寸不变，流向平滑无突变，热流体通道内烟气平均流速＜9m/s；S形板件的凹部211收集冷凝水并汇合至集水槽22；热流体通道面积占整个设备内截面面积的比例不低于20％，烟气阻力＜50Pa。所述冷凝水收水器即冷凝元件，按2％坡度向集水槽22布置，收集后的冷凝水经集水槽22输送至工艺水箱11。

[0056] B.散热混流模块

[0057] 所述散热混流模块包括若干长方体结构的散热元件40，散热元件40内部设置有相互独立、流向交叉的冷流体流道41与热流体流道42；每个散热元件内任意相邻的冷流体流道41与热流体流道42共用传热板壁作为换热面43；

[0058] 两个散热元件40形成一个散热单元，每个散热单元的两个散热元件40的冷流体通道入口相邻并位于散热单元的中间，热流体通道入口位于散热单元的两侧，相邻的两个散热单元的热流体通道入口相邻；

[0059] 具体地，散热混流模块用于空气—烟气换热，并实现冷热流体一次交错式混合。散热混流模块的散热元件40的数量和布置方式可根据换热条件和设备尺寸，进行布置。如附图5的散热混流模块的俯视图视角所示，从俯视图可见，所述多个散热元件40的面与面前后贴合，径向铺满整个塔体的横截面，即形成俯视图的一列；同样地，所述散热元件横向铺满，即形成俯视图的一行，行与列组合，形成长方体整体框架结构的散热混流模块。

[0060] 对于散热单元的分布排列，如图6、图7所示，散热元件40在横向铺满时，相邻的两个元件组成一个散热单元，在每个散热单元内，2个冷流体通道41位于中间，2个热流体通道42位于两侧。同时如附图1、3所示，散热单元横向排布时，从正面视图看去，可以看出冷热流体通道41和热流体通道42的下方入口从左到右依次为热-冷-冷-热-热-冷-冷-热(以2个散热单元为例)。

[0061] 作为优选，所述散热混流模块外周设置有长方体结构的框架，所述散热元件40的传热板壁与散热元件其余结构间为可拆卸式连接。

[0062] 具体地，散热混流模块包括若干个散热元件，若干个散热元件采用框架约束；所述散热元件采用框架式结构，如图1～5所示，散热模块四周设置框架，用于约束固定散热模块，并形成长方体结构的散热元件。散热元件中的传热板壁即换热面与四周的框架、封闭面等结构连接方式为可拆卸式连接，例如采用插接的方式，使得可从两侧移出更换(所述框架仅在周向约束所述散热元件，即所述散热元件能从框架两侧整体移出或插入)。每个散热元件包括板片式换热板件(传热板壁)，换热板件可为耐腐蚀金属或者非金属材质，例如可采用PVC材质散热元件，模块重量小，便于装卸，大幅降低设备荷载。

[0063] 所述散热元件40具有冷流体流道41与热流体流道42，两者相互独立、流向交叉，且共用一个传热板壁作为换热面；所述横流鼓风模块提供的冷流体介质(干冷空气)通过所述冷流体流道41流出；所述流经横流鼓风模块外侧的热烟(湿热烟气)从所述热流体流道42流出，所述冷流体介质与热烟经所述传热板壁换热。

[0064] 具体地，散热元件的布置方式分为菱形布置B-1和矩形布置B-2。

[0065] B-1.菱形布置

[0066] 如图1、图6所示，所述散热混流模块的散热元件40的水平排列方式为菱形布置时，相邻的两个菱形散热元件通过边贴合；具体地，若干个散热元件被框架支撑形成菱形布置，即任意相邻框架与框架之间具有90°夹角。

[0067] 如图6和图8所示，散热元件的长方体的六个面中，至少有两个相对的面为正方形，正方形面401旋转45°形成菱形面；散热元件40内有与菱形面401平行的换热面43，将长方体内部分隔为冷流体通道41和热流体通道42，并将除菱形面401外的其余四个面各自分隔成两半；两个菱形面封闭，其余四个面均有一半封闭，另一半开口，贯通形成呈矩形管状的相互垂直的冷流体通道41和热流体通道42。

[0068] B-2.矩形布置

[0069] 如图7、图9所示，所述散热混流模块的散热元件40的水平排列方式为矩形布置时，相邻的两个散热元件40并列排布并通过面贴合；

[0070] 如图9所示，矩形布置时，散热元件长方体四个侧面封闭，冷流体通道41与热流体通道42入口和出口分别位于长方体底面和顶面；散热元件顶面和底面均被中线均匀分为四个象限，顶面与底面对四个象限的划分上下相同；散热元件底面的第二和第四象限以及顶面的第一和第三象限为开口，其余象限封闭；底面的第二象限与顶面的第三象限贯通形成冷流体通道41，底面的第四象限与顶面的第一象限贯通，形成热流体通道42；所述冷热流体通道41和热流体通道42从入口到出口方向均分为竖直段411与倾斜段412，使得气体从竖直段竖直向上进入并通过倾斜段沿倾斜方向从顶面的通道出口流出。

[0071] C.横流鼓风模块

[0072] 横流鼓风模块为可调式横流鼓风模块，用于为散热混流模块提供风量可调的大流量冷流体介质，以用于对来自塔底并经过所述通道20的热烟进行换热。

[0073] 所述横流鼓风模块位于散热混流模块下方，包括横流鼓风机31以及与横流鼓风机31相连通的干冷介质进气风箱32；所述干冷介质进气风箱32水平径向设置于塔内，横流鼓风机31设置于塔体侧面；每套横流鼓风模块设置在一个散热单元中间的下方，每个干冷介

质进气风箱32的顶部与所述散热单元的相邻两个冷流体通道41入口连通。

[0074] 具体地，横流鼓风机31用于向散热混流模块提供干冷介质气体，克服散热混流模块及塔内阻力而引入干冷空气。所述横流鼓风机31的电机减速机置于横流鼓风模块的外部。横流鼓风机31采用水平叶轮轴，叶轮在垂直平面内旋转，具体包括叶轮、变频电机、减速机、支架等(为现有技术，此处不进行详述，但其并不影响本领域技术人员对本案的理解)。

[0075] 干冷介质进气风箱32采用侧面进气，顶部出气，安装在散热混流模块下部，与横流鼓风机31相连，干冷介质进气风箱32出风口正对散热混流模块底部进气口方向。如附图1、3所示，散热单元横向排布时，从正面视图看去，以2个散热单元为例，可以看出冷流体通道41和热流体通道42的下方入口排列方式从左到右依次为热-冷-冷-热-热-冷-冷-热。也如附图6、7所示，一个横流鼓风模块对应一个散热单元，具体位于散热单元(热-冷-冷-热)的(冷-冷)通道的下方。所述干冷介质进气风箱32的顶部与(冷-冷)通道入口连通，干冷空气则可通过横流鼓风机31鼓入后通过干冷介质进气风箱32进入冷流体通道41中。湿热烟气则从塔内部避开干冷介质进气风箱32，直接向上进入位于每个散热单元两侧的热流体通道42中。

[0076] 所述干冷介质进气风箱32进气截面为方形或圆形；干冷介质进气风箱32进气截面的边长或直径不小于所述散热混流模块中冷流体流道41长度的√2倍；当干冷介质进气风箱32进气截面为方形时对应边长；当干冷介质进气风箱32进气截面为圆形时对应直径。干冷介质进气风箱垂直于塔内烟气流向的面积不超过塔内截面的50％。

[0077] 作为更具体的实施方式，如附图6和附图7所示，分别为散热元件40菱形布置时和矩形布置时，冷热流体通道与横流鼓风模块的相对位置结构示意图。从图6中可以看出，菱形布置时，干冷介质进气风箱32位于两个菱形之间的冷流体通道41下方。从正视图视角看去，两个成90°的菱形，以及干冷介质进气风箱的顶部这三者构成的空白直角等腰三角区域，可以通过在模块侧面设置框架以及密封板，使得干冷空气不会外溢而从干冷介质进气风箱32进入散热混流模块中。从图7中可以看出，矩形布置时，干冷介质进气风箱32同样位于一个散热单元的2个中间冷流体通道41之下，而湿热烟气则从塔内直接向上避经干冷介质进气风箱32而进入两侧的热流体通道42中。

[0078] 而所述干冷介质进气风箱32沿径向布置，如图2、4所示，为本设备的侧视图，从侧面的图上可以看出，整个干冷介质进气风箱32径向布置。所述干冷介质进气风箱32沿塔体短轴方向(圆形塔体为轴线方向，塔体短轴方向即设备的径向方向)通长布置，隔绝塔内湿热饱和气体。

[0079] 作为优选，所述横流鼓风模块的干冷介质进气风箱32的两端各连接一个横流鼓风机31。

[0080] 具体地，如图5所示，干冷介质进气风箱32可以只在一端，即塔体的一侧连接一个横流鼓风机31，使得干冷空气或压缩空气可以通过塔体一侧进入风箱。也可以如附图2、4所示，在其两端各连接一个横流鼓风机31，即每两个对侧的横流鼓风机31共用一套干冷介质进气风箱，用于输送干冷介质气体。

[0081] 作为优选，所述干冷介质进气风箱32内部设有倾斜的一字形导流叶片321，用于将干冷空气导入所述散热混流模块；所述干冷介质进气风箱32的外部底端下方连接有V形导流板322，使得湿热烟气避开所述干冷介质进气风箱32而向上流入散热元件40的热流体通

道42入口。

[0082] 具体地，如附图2或4所示，干冷介质进气风箱32内部沿进气轴线方向上设一字形导流叶片321，导流和隔离两侧干冷介质气体。当干冷介质进气风箱32为两侧均连接一个横流鼓风机31而两侧进气时，干冷介质进气风箱32在进气轴线方向上被中线划分为两半，并在中线处，两半边各自有一字形导流叶片321，形成以中线为轴而轴对称的倒V形。其余沿进气轴线分布的一字形导流叶片321则迎着进风面而向中线处倾斜，使得气体能够从两侧水平进入而弯折向上进入散热混流模块之中。

[0083] 干冷介质进气风箱32外部迎风面设V形导流板322，V形导流板也可按实际情况，替换成V字变形后的U形的导流板。通过V形导流板的设置，对进气风箱外部的塔内湿热烟气进行导流使得湿热烟气从塔内直接向上，避经干冷介质进气风箱而进入散热单元两侧的热流体通道42中，实现干冷介质进气风箱32底部与塔内(设备内)的湿热饱和烟气的隔离。经过导流后的干冷空气和湿热烟气在进入散热混流模块的截面风速不均匀系数不超过0.25。

[0084] 作为优选，所述横流鼓风模块还包括设置在干冷介质进气风箱32与横流鼓风机31之间或者设置在横流鼓风机31入风口外侧的多叶片调风挡板33；所述多叶片调风挡板33包括若干个带密封片的角度可调节的长方形叶片；

[0085] 具体地，每套横流鼓风模块配有多叶片调风挡板33，安装于横流鼓风机31出口或入口，每个多叶片调风挡板33由若干个带密封片的叶片组成，形如百叶窗结构，由单轴带动若干个叶片曲柄进行风量调节，执行机构采用电动执行机构。所述多叶片调风挡板叶片高度200-300mm，曲柄采用外置曲柄。

[0086] 作为优选，所述横流鼓风模块还包括设于横流鼓风机31入风口外侧的初效过滤器，所述初效过滤器内设置有压缩空气定期吹扫装置。

[0087] 具体地，所述初效过滤器，设于干冷空气进入塔内的入口处，用于过滤空气中的灰尘、柳絮、杂物等漂浮物。所述初效过滤器阻力＜50Pa，初效过滤器内测配压缩空气定期吹扫装置。

[0088] D.自动在线清洗功能模块

[0089] 作为优选，如附图2、4所示，所述散热混流模块的热流体通道42出口的上方设有自动在线清洗功能模块；所述自动在线清洗功能模块包括设于散热混流模块上方的喷管51，以及用于控制喷管51喷淋的自动冲洗阀52；所述集水槽的排水管23与塔体外的工艺水箱11连通，所述工艺水箱11通过冲洗水泵53、自动冲洗阀52与所述喷管51连通。

[0090] 具体地，所述自动在线清洗功能模块(元件)具备自动在线清洗功能，自动在线清洗功能模块包括设于散热混流模块上方的喷管51，以及用于控制喷管51喷淋的自动冲洗阀52。喷管51安装于散热混流模块湿热饱和气即热流体通道出风口上部，喷口朝向正对散热混流模块热流体出口，喷口压力0.1～0.2MP，喷射形式为90°实心锥，喷淋覆盖率＞200％。自动清洗采用间歇式冲洗模式，每个喷口的冲洗频率为2次/d，每次冲洗时间为1min，冲洗水采用来自散热混流模块汇集到工艺水箱11的冷凝水。

[0091] E.旋流收水及混流模块

[0092] 作为优选，如附图10～12所示，本设备还包括在塔内散热混流模块的上方设置的旋流收水装置，所述旋流收水装置固定连接于塔顶侧壁上，包括旋流叶片61以及围绕旋流叶片一周并与旋流叶片固定连接的集水环62，所述集水环62底部设置有排水口63；所述旋

流叶片61为旋转布设，并相对于同一平面具有20-35°仰角以及10-25°的径向角。

[0093] 具体地，旋流收水及混流模块设于所述散热混流模块的上方，用于捕集随上升气流二次夹带出的冷凝液滴，同时起到冷热流体二次混合的作用。如附图10～12所示，所述旋流收水及混流模块包括旋流收水装置。旋流收水装置具有若干旋流叶片61，旋流叶片61旋转布设，并相对于同一平面具有20-35°仰角与10-25°的径向角。流经旋流收水器的烟气因过流截面缩小获得更大动能，其过流风速＞8m/s。旋流叶片20-35°仰角和10-25°的径向角使过流烟气流向沿径向旋转并产生气流离心力，这使得气流在塔体内壁产生碰撞并在塔体内表面形成水膜，这层水膜可以捕获更多的水滴和尘粒，捕捉的液滴在重力作用下落入四周集水环62，并通过排水口63排出塔外，从而达到了高效收水效果。

[0094] 流经旋流收水装置的冷热流体呈螺旋上升，并在塔体顶部烟囱内实现冷热流体进一步混合后排出。

[0095] 工作过程说明：

[0096] 如图13所示，图中曲线为饱和空气焓湿曲线。A-B线为常规湿式塔出口饱和湿烟气A与环境干冷空气B混合的羽雾稀释曲线，A-B线在焓湿图的下方，为过饱和区，故而产生大量的羽雾。

[0097] 本申请提供的回收烟气水分的设备，安装有散热混流模块，散热混流模块分为冷流体(干冷空气)通道和热流体(湿热烟气)流道，利用横流鼓风模块的横流鼓风机的正压输送，将环境冷空气B(冷源)经横流鼓风模块引入塔内，并与从塔底向上通入的饱和湿热烟气A(热源)在散热混流模块的冷热流体通道中进行换热。在散热混流模块中，环境的冷空气B被加热为干热空气B'，饱和湿热烟气A被冷凝成湿冷烟气A'。此后，被加热的干热空气B'在流出散热混流模块后的塔顶空间及塔顶烟囱内，再与被冷凝的湿冷空气A'混合，并混合为排放气体C(相对A点，露点和含湿量均下降，为不饱和气体)。此后气体C排出塔体，此时排放气体C再与塔体外的环境冷空气B混合的羽雾稀释曲线C-B在饱和空气焓湿图的上方(在不饱和区)，即无羽雾产生。饱和湿热烟气A被冷凝成湿冷烟气A'过程伴随大量冷凝水产生，冷凝水沿散热元件热流体流道下落至下部的收水模块的冷凝板中并随集水槽汇集排出塔外。

[0098] 实际应用例：

[0099] 烟气参数如下，烟气流量：140000Nm^3/h(标态湿烟气)，湿处理塔入口(设备入口)烟气温度：100℃，烟气水蒸气体积分数：17％。设备的详细设计参数见表1。

[0100] 表1实施例详细设计参数

[0101]

项目	单位	数据	备注
大气压强	Pa	101325	
原烟气流量（散热混流模块热流体）	Nm^3/h	140000	湿饱和
原烟气温度	℃	100	
原烟气含湿量（v/v)	（%）	17	
湿式处理塔出口温度	℃	60	湿饱和
系统原蒸发水量	kg/h	3167.265	
散热混流模块 6 冷流体流量	Nm^3/h	200000	冷流体
冷流体温升	℃	36.8	
冷流体升温后温度	℃	51.8	
温升吸收热量	kj/h	9494400	
热流体温度降	℃	4.2	湿饱和
降温热流体温度	℃	55.8	
冷凝水量	kg/h	3673.437762	
混合后气体温度	℃	53.44705882	
混合后烟气含水	kj/h	22948.77541	
该含水率对应饱和水蒸气分压	Pa	8510.845847	
对应饱和温度	℃	42.8	
消雾能力校核		环境温度 15℃，相对湿度 70%	

[0102]

[0103] 在实施例中可实现15℃,70%相对湿度工况条件下的消雾,冷凝水量3.673t/h,大于原系统蒸发水量3.167t/h,可实现100%的节水效果,系统无需额外补水,在常规污水处理的基础上可实现废水零排放,无需脱盐处理。

[0104] 表2绩效指标表

[0105]

项目	单位	数据	备注
处理烟气量	Nm^3/h	140000	
余热回收量	kj/h	9494400	
消雾点	/	环境温度15℃,相对湿度70%	

冷凝水回收量	kg/h	3673.44	
原系统蒸发水量	kg/h	3167.26	
替代系统补水比例	(%)	100	
系统运行能耗	kWh	8.4	
浓缩蒸发等废水零排处理水量	kg/h	0	

[0106] 以上结合具体实施方式和范例性实例对本申请进行了详细说明,不过这些说明并不能理解为对本申请的限制。本领域技术人员理解,在不偏离本申请精神和范围的情况下,可以对本申请技术方案及其实施方式进行多种等价替换、修饰或改进,这些均落入本申请的范围内。本申请的保护范围以所附权利要求为准。

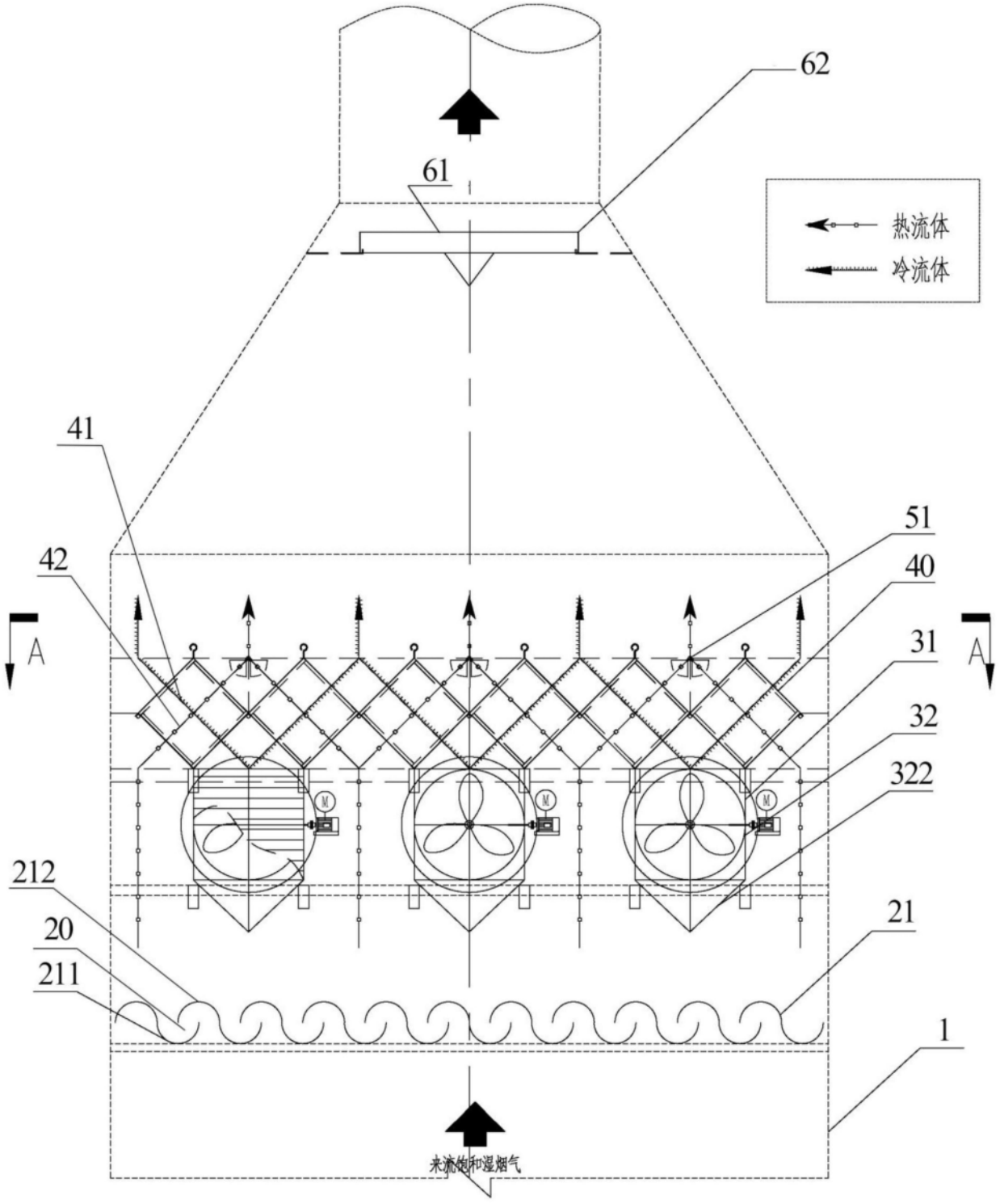


图1

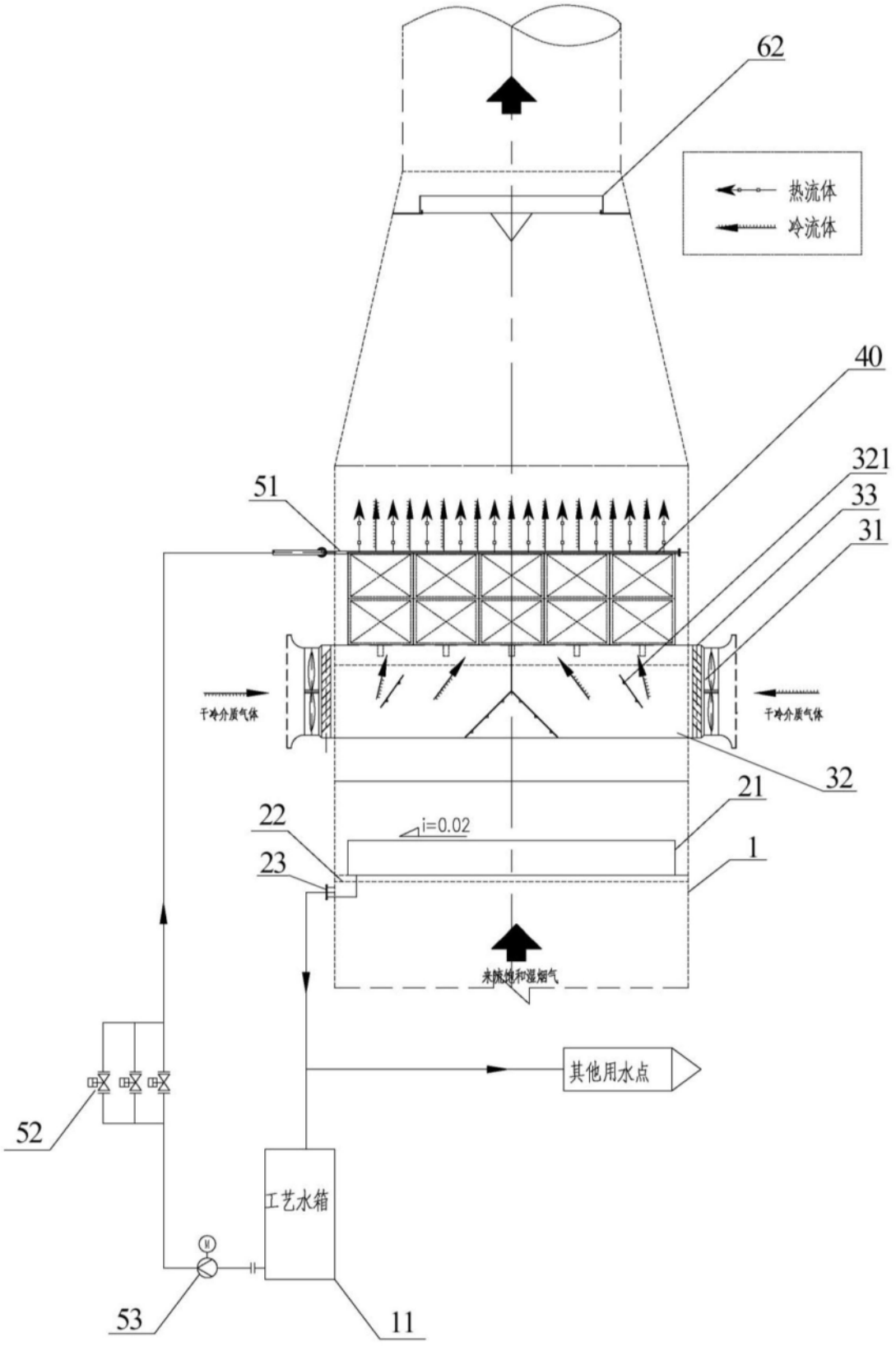

62
热流体
冷流体
40
321
33
31
51
干冷介质气体
干冷介质气体
32
21
22
i=0.02
23
1
来自饱和湿烟气
其他用水点
52
工艺水箱
53
11

图2

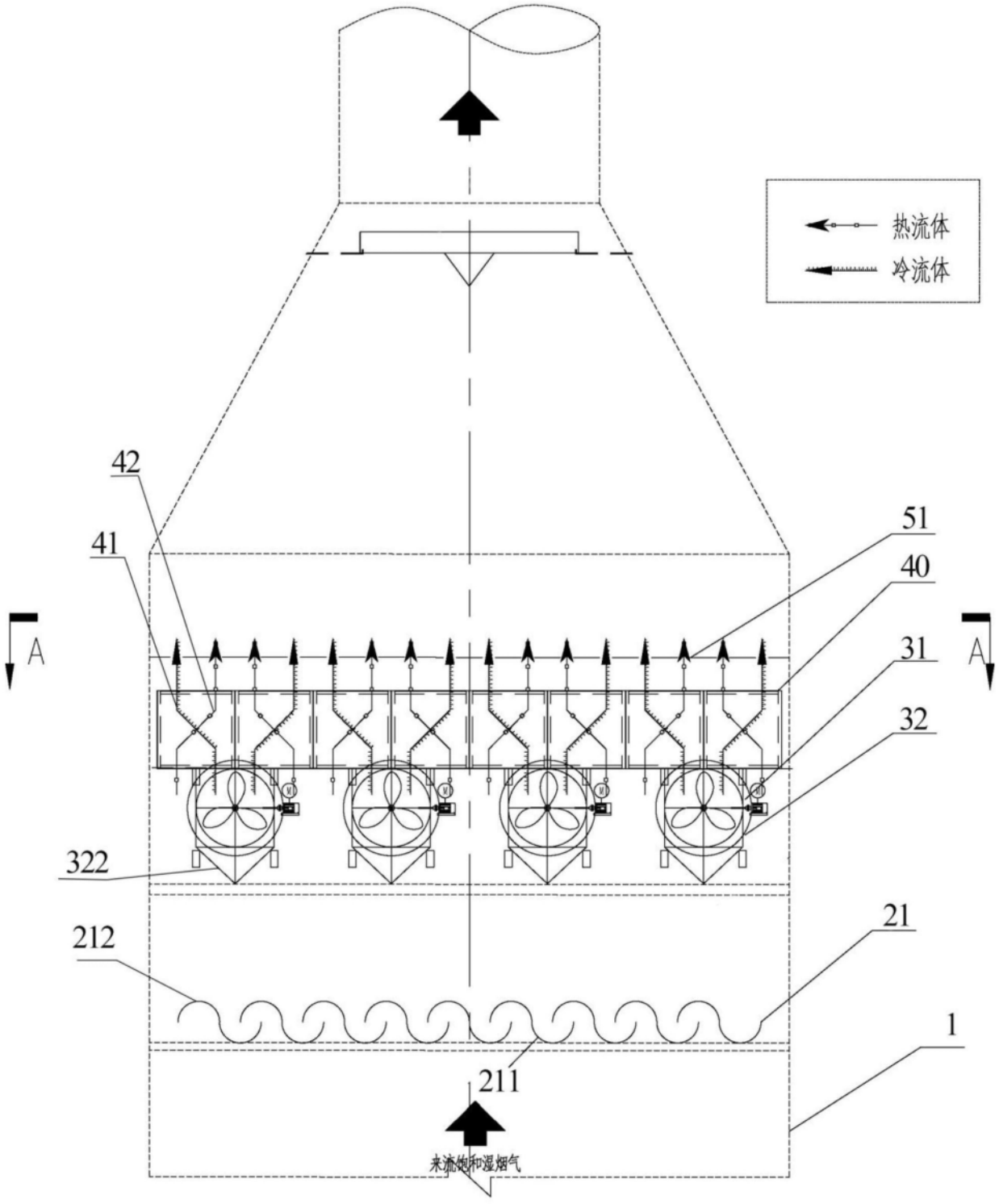


图3

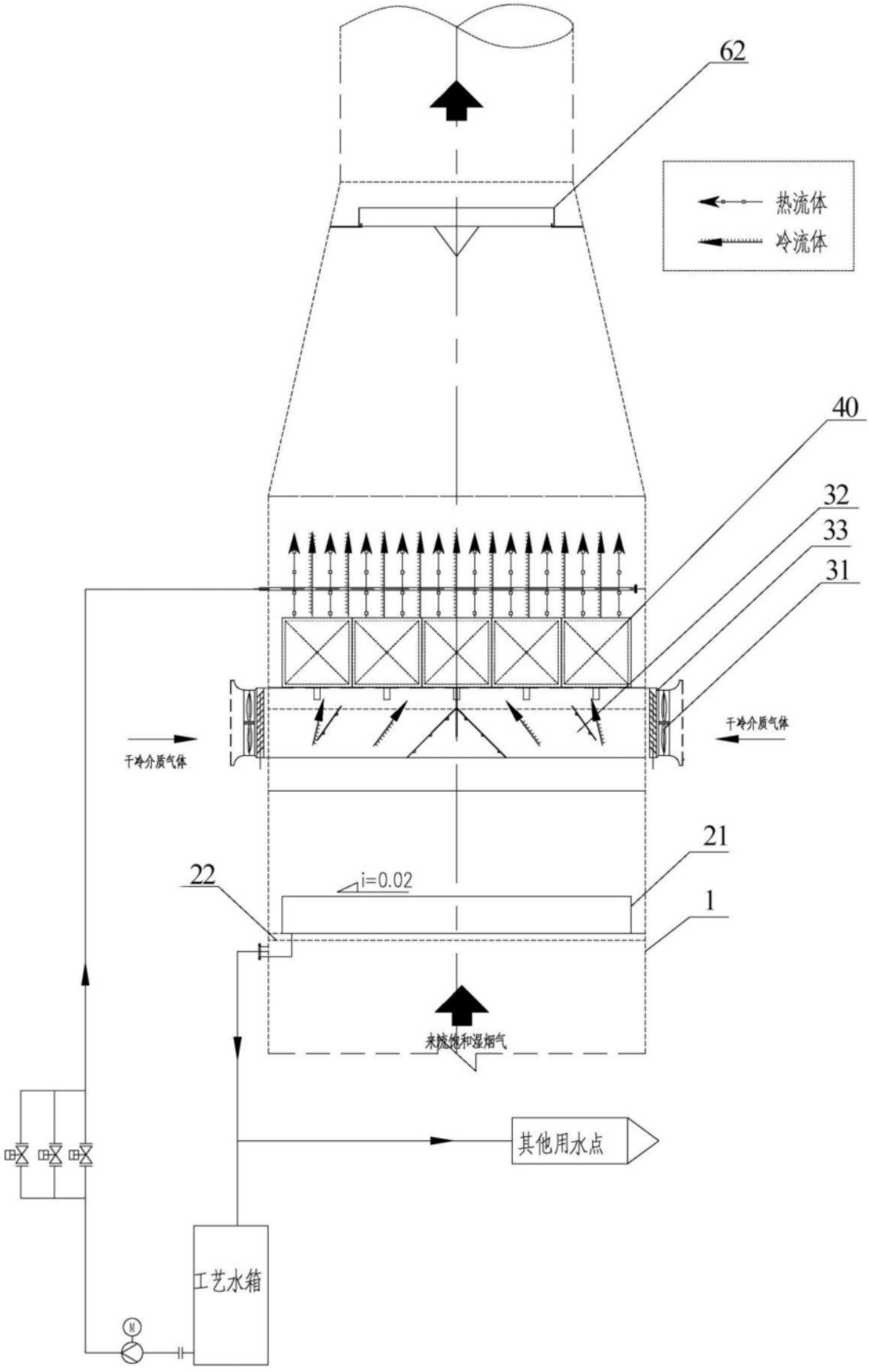
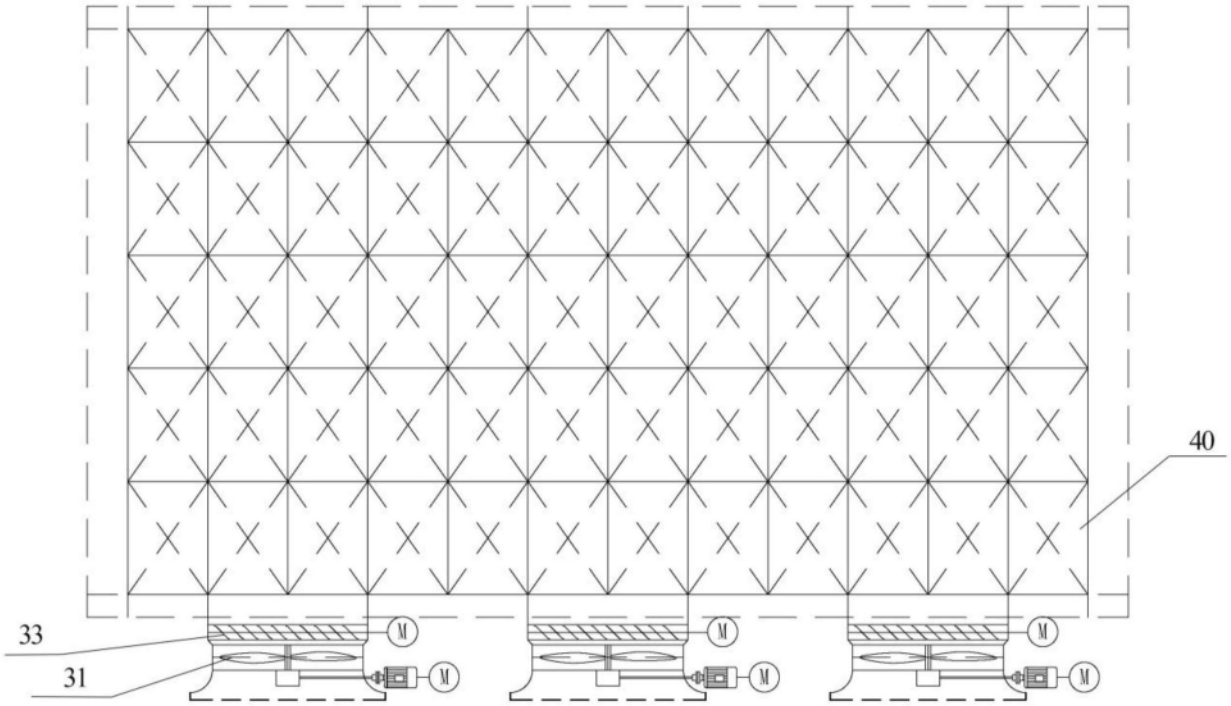

62
热流体
冷流体
40
32
33
31
干冷介质气体
干冷介质气体
21
22
i=0.02
1
来烧结和湿烟气
其他用水点
工艺水箱
M

图4



A-A

图5

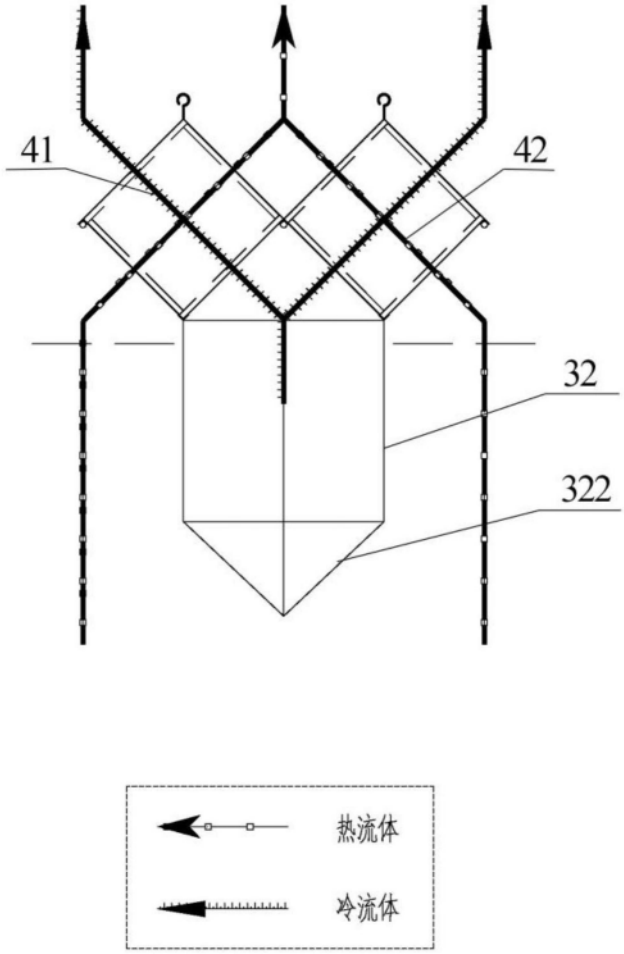


图6

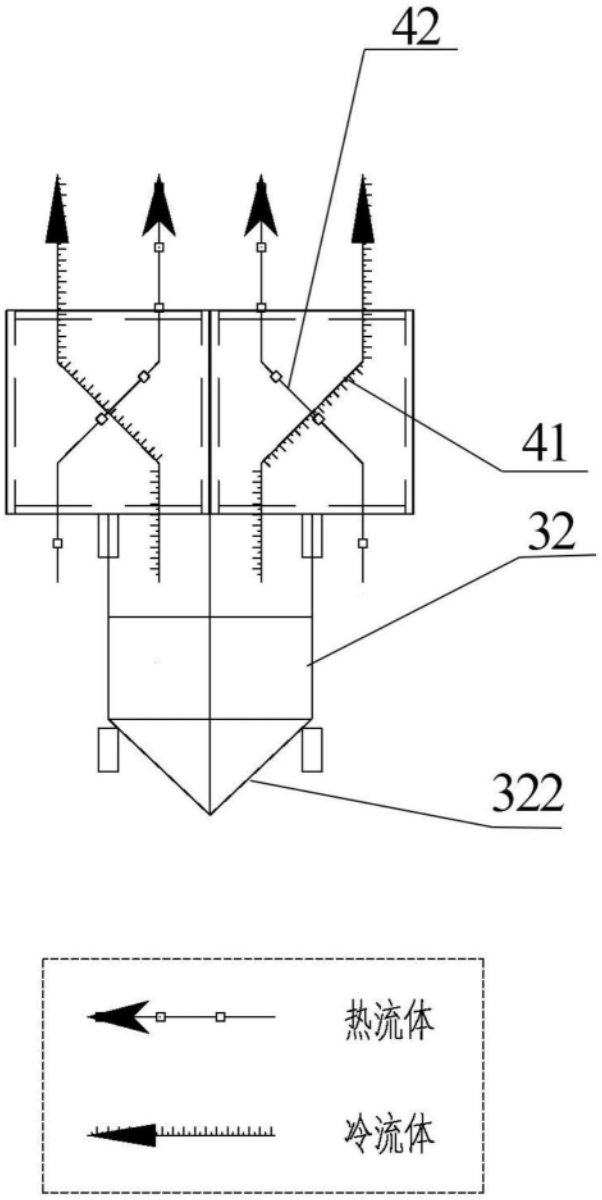


图7

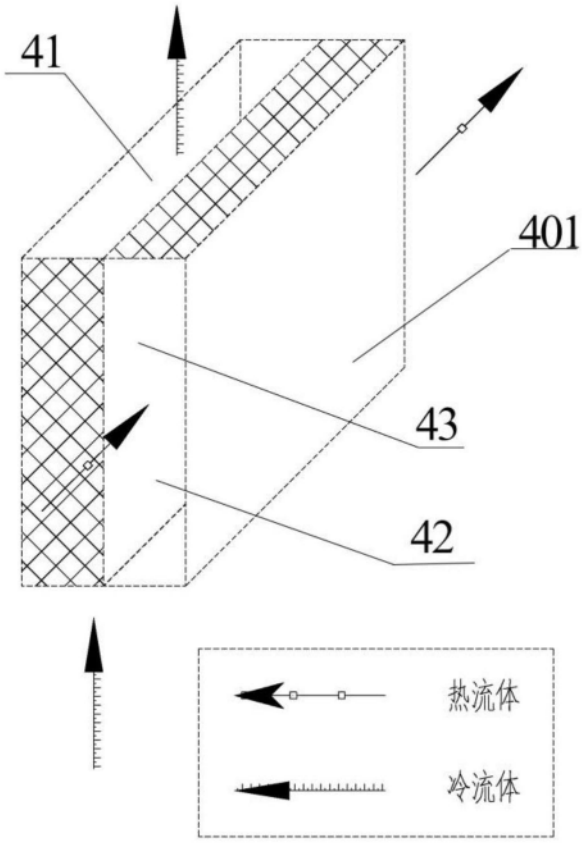


图8

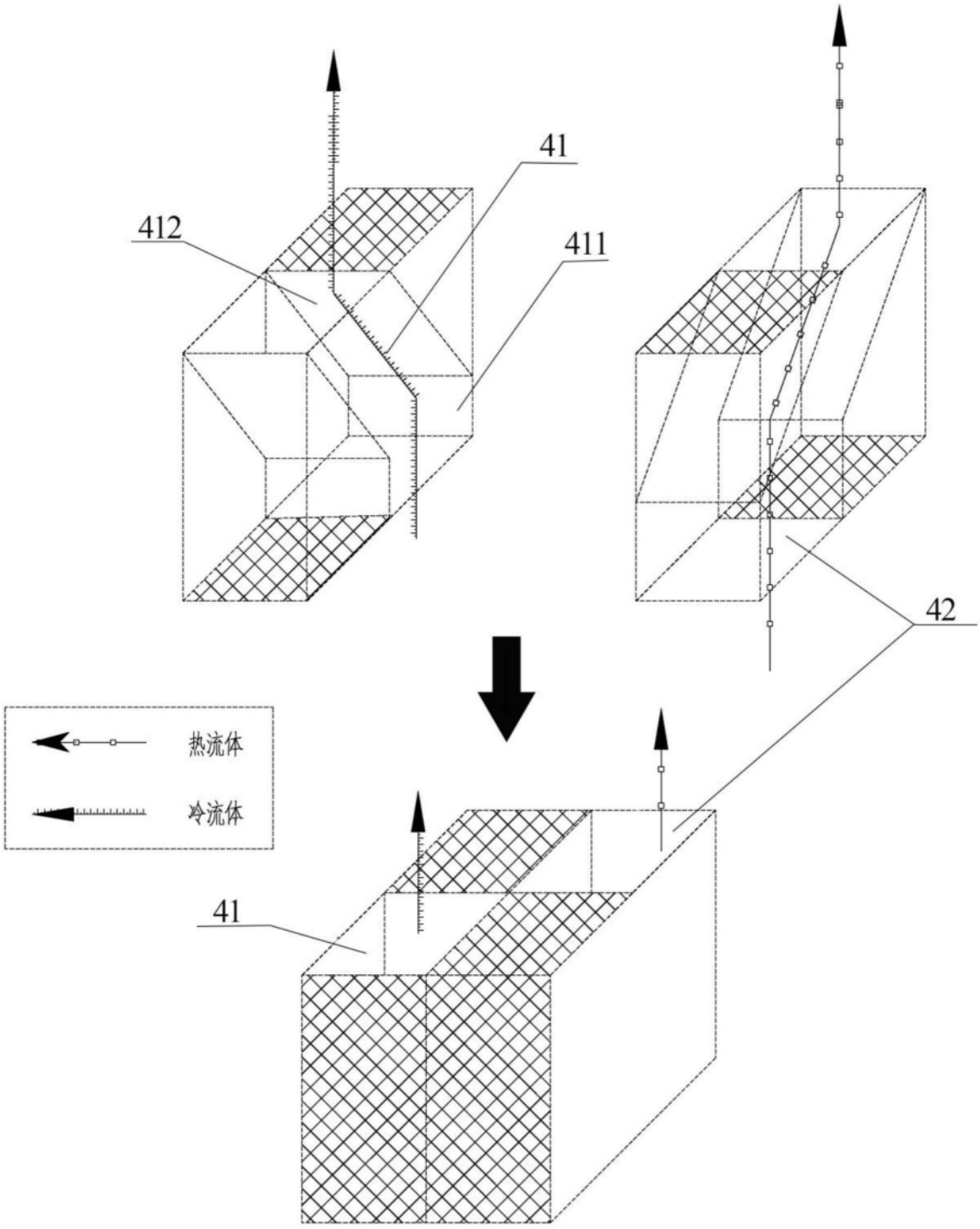


图9

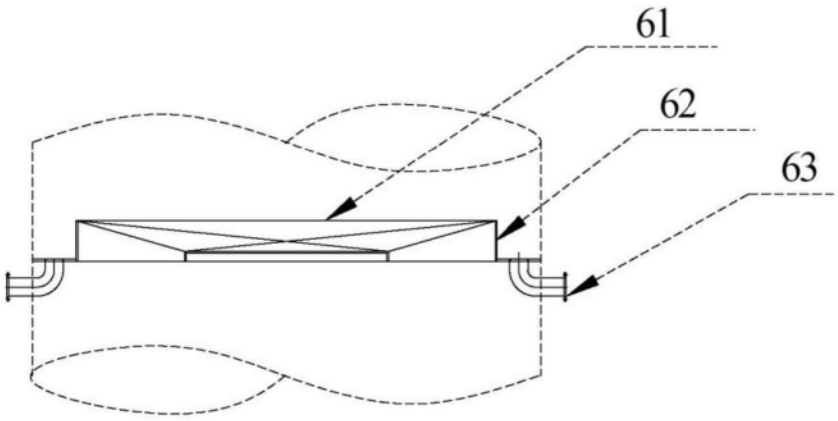


图10

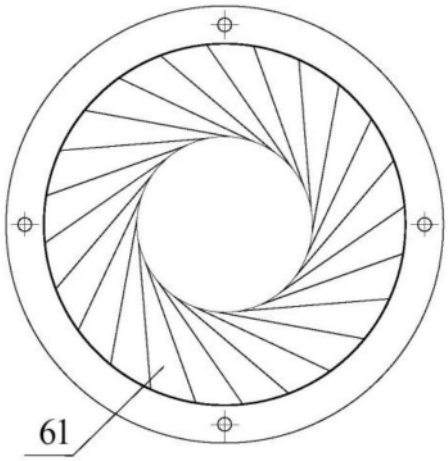


图11

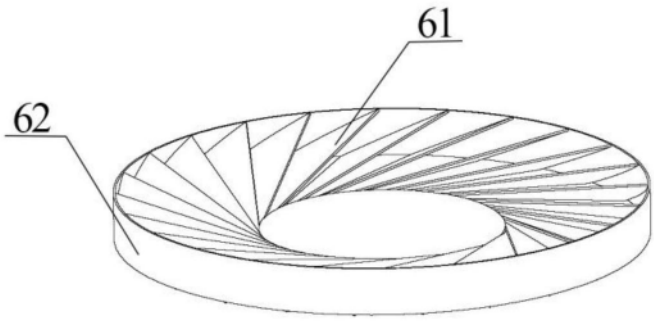


图12

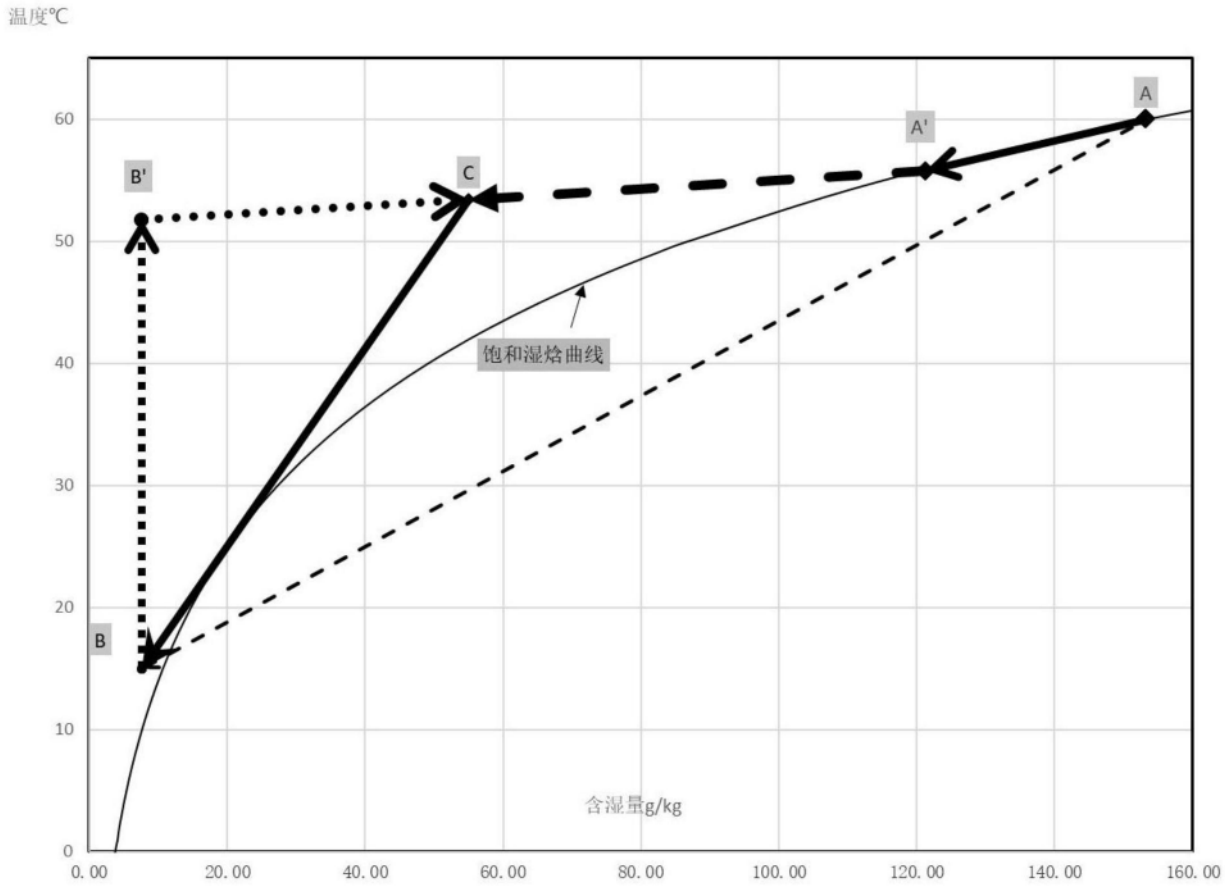

温度℃
60
50
40
30
20
10
0
0.00
20.00
40.00
60.00
80.00
100.00
120.00
140.00
160.00
A
A'
B'
C
B
饱和湿焓曲线
含湿量g/kg

图13