



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 208865401 U

(45)授权公告日 2019.05.17

(21)申请号 201820761232.2

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2018.05.21

B01D 53/18(2006.01)

B01D 47/06(2006.01)

(66)本国优先权数据

201711081625.5 2017.11.07 CN

(73)专利权人 中国石油化工股份有限公司

地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街  
22号

专利权人 中国石油化工股份有限公司石油  
化工科学研究院

(72)发明人 宋海涛 姜秋桥 田辉平 孙言

王鹏 林伟 张久顺 达志坚

(74)专利代理机构 北京英创嘉友知识产权代理

事务所(普通合伙) 11447

代理人 周建秋 苏瑞

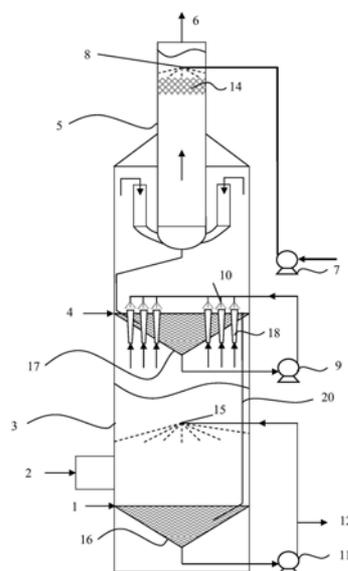
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)实用新型名称

烟气洗涤系统

(57)摘要

本公开涉及一种烟气洗涤系统,该系统包括:洗涤塔塔体(3)、与所述洗涤塔塔体(3)流体连通的烟囱(5)、设置于所述洗涤塔塔体(3)下部的烟气入口(2)、以及设置于所述烟囱(5)顶部的烟气出口(6),所述洗涤塔塔体(3)内设置有吸收液喷淋单元,所述吸收液喷淋单元的上方设置有清洁水喷淋单元;所述清洁水喷淋单元包括清洁水喷嘴(8),所述清洁水喷嘴(8)通过管线与清洁水供应泵(7)相连。本公开的系统可有效消除湿法洗涤塔烟气拖尾现象,解决蓝烟和烟羽下沉问题,且不影响洗涤塔和上游装置的操作弹性,同时还有助于减缓设备腐蚀。



1. 一种烟气洗涤系统,该系统包括:洗涤塔塔体(3)、与所述洗涤塔塔体(3)流体连通的烟囱(5)、设置于所述洗涤塔塔体(3)下部的烟气入口(2)、以及设置于所述烟囱(5)顶部的烟气出口(6),所述洗涤塔塔体(3)内设置有吸收液喷淋单元,其特征在于,所述吸收液喷淋单元的上方设置有清洁水喷淋单元;

所述清洁水喷淋单元包括清洁水喷嘴(8),所述清洁水喷嘴(8)通过管线与清洁水供应泵(7)相连。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述清洁水喷淋单元的数量为一个或多个。

3. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述清洁水喷淋单元设置于所述烟囱(5)内;和/或,

所述清洁水喷淋单元设置于所述洗涤塔塔体(3)内。

4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述清洁水喷嘴(8)的数量为1~12个;当所述清洁水喷嘴(8)的数量多于1个时,所述清洁水喷嘴(8)沿周向和/或径向均匀地设置。

5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述清洁水喷嘴(8)为选自螺旋喷嘴、扇形喷嘴和环形喷嘴中的至少一种。

6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述清洁水喷淋单元所用的清洁水的盐含量不高于由所述烟气出口(6)收集的烟气冷凝水的盐含量。

7. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,所述清洁水为选自新鲜水、中水和经过脱盐处理的废水中的至少一种。

8. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述清洁水喷淋单元还包括气液接触强化组件(14),所述气液接触强化组件(14)设置在所述清洁水喷嘴(8)的下方。

9. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述气液接触强化组件(14)为填料和/或塔板;所述填料为选自鲍尔环填料、阶梯环填料、波纹板填料和规整填料中的至少一种。

## 烟气洗涤系统

### 技术领域

[0001] 本公开涉及一种烟气洗涤系统。

### 背景技术

[0002] 工业生产过程中,尤其是在一些含有热处理步骤(干燥、焙烧、燃烧等)的生产过程中,会产生含有污染物的尾气或烟气等废气。例如,在催化裂化(FCC)过程中,原料中的部分硫、氮化合物在提升管反应过程中进入焦炭沉积于待生催化剂上,待生剂进入再生器烧焦再生时,这些焦炭中的硫、氮化合物氧化生成 $\text{SO}_x$ 、 $\text{NO}_x$ 等烟气污染物。再如,催化剂生产等无机化工过程中,原材料中含有的硫酸盐、硝酸盐、氯盐等加热分解时会产生含有 $\text{SO}_x$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{HCl}$ 等污染物和有害气体的尾气。这些含污染物和有害气体的烟气和尾气需经过净化处理后才能达标排放。

[0003] 以湿法洗涤塔为核心设备的湿法洗涤技术已被广泛用于发电、石油化工、无机化工等工业过程的烟气和尾气净化处理。虽然工艺流程和结构有一定差别,但其基本原理都是通过气液接触将气相中的污染物吸收到液相中,达到净化烟气或尾气的目的。美国专利US20070189949A1公开了一种用于催化裂化再生烟气处理的湿法洗涤系统,通过将碱性洗涤液与烟气进行喷淋接触,可以实现高效脱除 $\text{SO}_2$ 的同时捕集粉尘的效果。

[0004] 但在工业运行中也逐步发现湿法洗涤过程存在一些问题,易产生烟气拖尾和蓝色烟羽下沉等问题,对厂区及周边生产和生活环境造成严重影响。

### 实用新型内容

[0005] 本公开的目的是提供一种烟气洗涤系统,以解决现有和新建湿法洗涤系统的烟气拖尾和下沉问题,减少对厂区及周边生产和生活环境的不利影响。

[0006] 为了实现上述目的,本公开提供一种烟气洗涤系统,该系统包括:洗涤塔塔体、与所述洗涤塔塔体流体连通的烟囱、设置于所述洗涤塔塔体下部的烟气入口、以及设置于所述烟囱顶部的烟气出口,所述洗涤塔塔体内设置有吸收液喷淋单元,所述吸收液喷淋单元的上方设置有清洁水喷淋单元;

[0007] 所述清洁水喷淋单元包括清洁水喷嘴,所述清洁水喷嘴通过管线与清洁水供应泵相连。

[0008] 可选地,所述清洁水喷淋单元的数量为一个或多个。

[0009] 可选地,所述清洁水喷淋单元设置于所述烟囱内;和/或,所述清洁水喷淋单元设置于所述洗涤塔塔体内。

[0010] 可选地,所述清洁水喷嘴的数量为1~12个;当所述清洁水喷嘴的数量多于1个时,所述清洁水喷嘴沿周向和/或径向均匀地设置。

[0011] 可选地,所述清洁水喷嘴为选自螺旋喷嘴、扇形喷嘴和环形喷嘴中的至少一种。

[0012] 可选地,所述清洁水喷淋单元所用的清洁水的盐含量不高于由所述烟气出口收集的烟气冷凝水的盐含量。

[0013] 可选地,所述清洁水为选自新鲜水、中水和经过脱盐处理的废水中的至少一种。

[0014] 可选地,所述清洁水喷淋单元还包括气液接触强化组件,所述气液接触强化组件设置在所述清洁水喷嘴的下方。

[0015] 可选地,所述气液接触强化组件为填料和/或塔板;所述填料为选自鲍尔环填料、阶梯环填料、波纹板填料和规整填料中的至少一种,所述填料优选为规整蜂窝状填料。

[0016] 通过上述技术方案,本公开在不改动湿法洗涤塔的原有主体结构的情况下,增加清洁水喷淋单元,使烟气在出塔前与清洁水喷嘴喷淋出的清洁水接触,可有效消除湿法洗涤塔烟气拖尾现象,解决蓝烟和烟羽下沉问题,且不影响洗涤塔和上游装置的操作弹性,同时还有助于减缓设备腐蚀。本公开提供的系统结构简单,成本低,可用于各种工业过程的烟气或尾气处理,包括发电、石油化工、无机化工等。

[0017] 本公开的其他特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

### 附图说明

[0018] 附图是用来提供对本公开的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施方式一起用于解释本公开,但并不构成对本公开的限制。在附图中:

[0019] 图1是本公开提供的烟气洗涤系统的一种具体实施方式的结构示意图;

[0020] 图2是本公开提供的烟气洗涤系统的另一种具体实施方式的结构示意图;

[0021] 图3是本公开提供的烟气洗涤系统的再一种具体实施方式的结构示意图;

[0022] 图4是本公开提供的烟气洗涤系统中清洁水喷嘴的一种排布方式的示意图;

[0023] 其中,图中的箭头方向是指流体的运动方向。

[0024] 附图标记说明

- |        |    |           |
|--------|----|-----------|
| [0025] | 1  | 补充液入口     |
| [0026] | 2  | 烟气入口      |
| [0027] | 3  | 洗涤塔塔体     |
| [0028] | 4  | 补充液入口     |
| [0029] | 5  | 烟囱        |
| [0030] | 6  | 烟气出口      |
| [0031] | 7  | 清洁水供应泵    |
| [0032] | 8  | 清洁水喷嘴     |
| [0033] | 9  | 第二吸收液循环泵  |
| [0034] | 10 | 第二吸收液喷嘴   |
| [0035] | 11 | 第一吸收液循环泵  |
| [0036] | 12 | 外排废水管线    |
| [0037] | 14 | 气液接触强化组件  |
| [0038] | 15 | 第一吸收液喷嘴   |
| [0039] | 16 | 第一吸收液储液罐  |
| [0040] | 17 | 第二吸收液储液罐  |
| [0041] | 18 | 第二储液罐烟气管道 |
| [0042] | 20 | 吸收液溢流管线   |

## 具体实施方式

[0043] 以下结合附图对本公开的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是,此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本公开,并不用于限制本公开。

[0044] 在本公开中,在未作相反说明的情况下,使用的方位词如“上、下”通常是指系统实际工作时的上和下,“内、外”是针对结构的本身轮廓而言的。

[0045] 本公开提供一种烟气洗涤系统,参考图1至图3,该系统包括:洗涤塔塔体3、与洗涤塔塔体3流体连通的烟囱5、设置于所述洗涤塔塔体3下部的烟气入口2、以及设置于所述烟囱5顶部的烟气出口6。所述洗涤塔塔体3内设置有多级吸收液喷淋单元(也称为吸收液喷淋装置),所述吸收液喷淋单元的上方设置有清洁水喷淋单元(也称为清洁水喷淋装置)。

[0046] 本公开在不改动湿法洗涤塔的原主体结构的情况下,增加清洁水喷淋单元,使烟气在出塔前与清洁水喷嘴喷淋出的清洁水接触,能够有效消除烟气拖尾现象,解决蓝烟和烟羽下沉问题,且不影响洗涤塔和上游装置的操作弹性,同时还有助于减缓设备腐蚀。

[0047] 根据本公开,所述清洁水喷淋单元可以包括清洁水喷嘴8。烟气上升遇清洁水喷嘴8喷出的清洁水从而进行清洁水喷淋单元的喷淋。所述清洁水喷嘴8通过管线与清洁水供应泵7相连。

[0048] 根据本公开,所述清洁水喷淋单元的数量可以为一个或多个。所述清洁水喷淋单元可以设置于所述烟囱5内,如图1所示。或者,所述清洁水喷淋单元可以设置于所述洗涤塔塔体3内,如图2所示。以上两种实施方式可以独立存在,也可以相互结合,即所述清洁水喷淋单元设置于所述烟囱5和洗涤塔塔体3内,如图3所示。一般地,烟囱5内的结构较洗涤塔塔体3内更为简单,因此,为了使工程改造易于实施,优选在所述烟囱5内设置清洁水喷淋单元,如图1所示;此外,将所述清洁水喷淋单元设置于所述烟囱5内,可使烟气在即将出塔前经清洁水喷淋,最大程度的消除烟气拖尾现象,解决蓝烟和烟羽下沉问题,且不影响洗涤塔和上游装置的操作弹性,同时还有助于减缓设备腐蚀。

[0049] 根据本公开,每个所述清洁水喷淋单元的所述清洁水喷嘴8的数量可以为1~12个,优选为4~8个。当所述清洁水喷嘴8的数量多于1个时,所述清洁水喷嘴8可以沿周向和/或径向均匀地设置,以提高喷淋效果,其中,此处及下文中的所述周向和径向是以洗涤塔和/或烟囱的圆周面为基准定义的,均匀地设置是指等间隔地设置。例如,图4是清洁水喷嘴数量为4个且沿周向设置的一种实施方式的示意图。当所述清洁水喷淋单元的数量为多于1个且每个清洁水喷淋单元的清洁水喷嘴的数量多于1个时,相邻两个清洁水喷淋单元的清洁水喷嘴可以在周向和/或径向上位置交叉地排布,以进一步提高喷淋效果,例如,每个清洁水单元的多个清洁水喷嘴可以沿径向均匀地设置,即形成为一排,相邻两个清洁水喷淋单元的两排清洁水喷嘴可以成90°或其他角度地设置。所述清洁水喷嘴8的形状无特殊要求,可以包括但不限于常见的螺旋喷嘴、扇形喷嘴、环形喷嘴以及各种开孔形状的实现喷淋水雾化的压力雾化喷嘴。所述清洁水喷嘴的材质也无特殊要求,可以包括但不限于聚四氟、不锈钢等各种常用耐腐蚀材质。

[0050] 根据本公开,所述清洁水为不含洗涤剂的液体,进一步地,所述清洁水的盐含量不高于由所述烟气出口6收集的烟气冷凝水的盐含量。具体地,所述清洁水可以为选自新鲜水、中水和经过脱盐处理的废水中的至少一种。此外,根据实际需要,所述清洁水还可以含有添加剂,只要满足所述添加剂不会使吸收液喷淋单元所用的吸收液的盐含量增加即可,

所述添加剂的种类没有特殊的限制,例如可以包括但不限于消泡剂等。

[0051] 为了进一步强化清洁水喷淋单元的气液接触以消除烟气拖尾和烟羽下沉现象,在本公开的一种具体实施方式中,所述清洁水喷淋单元还可以包括气液接触强化组件14,所述气液接触强化组件14设置在所述清洁水喷嘴8的下方,如图1所示。所述气液接触强化组件14为能够实现上述目的的常用组件。在本公开的一种具体实施方式中,所述气液接触强化组件14可以为填料。所述填料可以采用本领域技术人员所熟知的方法设置于系统中,通过在清洁水喷嘴8的下方设置填料段,能够增大烟气与清洁水的接触面,使其相互强烈混合,从而达到如上所述的目的。所述填料为选自鲍尔环填料、阶梯环填料、波纹板填料和规整填料如蜂窝状填料中的至少一种,以降低压降,更优选为规整蜂窝状填料,其材质可以包括但不限于聚四氟、不锈钢等各种常用的耐腐蚀材质。在上述实施方式中,所述填料的高度和空隙率无特殊要求。在本公开的其他实施方式中,所述气液接触强化组件14也可以为塔板等。

[0052] 本公开的烟气洗涤系统还可以包括急冷单元,用于对烟气进行快速降温,沿烟气流动方向设置于吸收液喷淋单元之前,例如可以设置在洗涤塔内或洗涤塔外,其结构可以为现有湿法烟气洗涤系统中常见的,本公开没有特殊的限制且不再赘述。

[0053] 根据本公开,所述吸收液喷淋单元可以为现有湿法烟气洗涤系统中常见的结构,本公开对其没有特殊的限制。以下仅对所述吸收液喷淋单元的具体实施方式作举例性描述,本领域技术人员所应当理解的是,吸收液喷淋单元的具体结构如何并不影响本公开的实现。

[0054] 例如,所述吸收液喷淋单元可以为多个。所述吸收液喷淋单元可以包括第一吸收液喷淋单元和第二吸收液喷淋单元,所述第一吸收液喷淋单元和第二吸收液喷淋单元沿烟气流动方向间隔设置,即烟气先经过所述第一吸收液喷淋单元再经过所述第二吸收液喷淋单元。所述第一吸收液喷淋单元可以包括第一吸收液喷嘴15和位于所述第一吸收液喷嘴下方的第一吸收液储液罐16,所述第一吸收液喷嘴15和第一吸收液储液罐16分别通过管线与第一吸收液循环泵11相连,第一吸收液喷淋单元所用的吸收液可在第一吸收液循环泵的作用下循环使用。这时,所述烟气入口2可以开设在所述第一吸收液喷嘴15和第一吸收液储液罐16之间的洗涤塔塔体3侧壁上,这样,烟气由所述烟气入口2进入洗涤塔塔体3后向上遇到第一吸收液喷嘴15喷出的吸收液,开始进行第一吸收液喷淋单元的喷淋洗涤。所述第一吸收液循环泵11还可以连接有用于外排废水的外排废水管线12。

[0055] 进一步地,所述第一吸收液储液罐16可以为直径由上至下逐渐减小的锥形罐,且上端罐口与所述洗涤塔塔体3的内壁密封连接,从而确保第一吸收液喷嘴15喷出的吸收液与烟气接触后落入第一吸收液储液罐16进而实现循环利用。

[0056] 进一步地,所述第一吸收液喷嘴15的数量可以为一个或多个。当所述第一吸收液喷嘴15的数量为多个时,所述第一吸收液喷嘴15可以沿周向和/或径向均匀地设置,以提高喷淋效果。所述第一吸收液喷嘴15的形状无特殊要求,可以包括但不限于常见的螺旋喷嘴、扇形喷嘴、环形喷嘴以及各种开孔形状的实现喷淋水雾化的压力雾化喷嘴。所述清洁水喷嘴的材质也无特殊要求,可以包括但不限于聚四氟、不锈钢等各种常用耐腐蚀材质。

[0057] 进一步地,所述第二吸收液喷淋单元可以包括第二吸收液喷嘴10、位于所述第二吸收液喷嘴10下方的第二吸收液储液罐17、以及沿轴向贯穿所述第二吸收液储液罐17的多

个第二储液罐烟气管道18。所述第二储液罐烟气管道18用于容纳烟气向上通过第二吸收液储液罐17,其形状和尺寸无特别限制,可以是与洗涤塔结构相似的文丘里管或其他结构。烟气向上遇第二吸收液喷嘴10喷出的吸收液,以进行第二吸收液喷淋单元的喷淋洗涤。所述第二吸收液喷嘴10和第二吸收液储液罐17分别通过管线与第二吸收液循环泵9相连,第二吸收液喷淋单元所用的吸收液可在第二吸收液循环泵的作用下循环使用。

[0058] 进一步地,所述第二吸收液喷淋单元的数量可以为一个或多个。所述第二吸收液储液罐17可以具有第二储液罐溢流口,所述第二储液罐溢流口连接有延伸至下方相邻的储液罐中的吸收液溢流管线20。当第二吸收液喷淋单元的数量为一个时,第二吸收液储液罐17的第二储液罐溢流口连接有延伸至第一吸收液储液罐16的吸收液溢流管线20;当第二吸收液喷淋单元的数量为多个时,位于上方的第二吸收液储液罐17的第二储液罐溢流口连接有延伸至下方相邻的第二吸收液储液罐17的吸收液溢流管线20,最下方的第二吸收液储液罐17的第二储液罐溢流口连接有延伸至第一吸收液储液罐16的吸收液溢流管线20;这样,当第二吸收液储液罐17中的液位过高并达到该第二储液罐溢流口时,吸收液可通过吸收液溢流管线20进入下方储液罐中,使整个系统中的吸收液被合理循环利用。所述第二储液罐溢流口的开设位置可以根据需要进行设计,但需使所述第二储液罐烟气管道18的上端开口高于所述第二储液罐溢流口,即烟气出口位置高于第二吸收液储液罐17内的液位,避免烟气进入第二吸收液储液罐17中。

[0059] 进一步地,所述第二吸收液储液罐17可以为直径由上至下逐渐减小的锥形罐,且上端罐口与所述洗涤塔塔体3的内壁密封连接,这样,可以确保第二吸收液喷嘴10喷出的吸收液与烟气接触后落入第二吸收液储液罐17进而实现循环利用。

[0060] 进一步地,每个所述第二吸收液喷淋单元的所述第二吸收液喷嘴10的数量可以为多个,并沿周向和/或径向均匀地设置,以提高喷淋效果。进一步地,所述第二储液罐烟气管道18的数量可以与所述第二吸收液喷嘴10的数量一致,并一一对应地位于所述第二吸收液喷嘴10的下方,这样,由第二储液罐烟气管道18溢出的烟气可以直接遇到由上方第二吸收液喷嘴10喷出的吸收液,最优化地实现吸收液的洗涤吸收效果。所述第二吸收液喷嘴10的形状无特殊要求,可以包括但不限于常见的螺旋喷嘴、扇形喷嘴、环形喷嘴以及各种开孔形状的可以实现喷淋水雾化的压力雾化喷嘴。所述清洁水喷嘴的材质也无特殊要求,可以包括但不限于聚四氟、不锈钢等各种常用耐腐蚀材质。

[0061] 根据本公开,所述吸收液喷淋单元所用的吸收液可以为湿法烟气洗涤系统中常用的,本公开没有特殊的限制。例如,所述吸收液喷淋单元所用的吸收液可以为选自氢氧化钠溶液、氢氧化钾溶液、碳酸钠溶液和碳酸氢钠溶液中的至少一种。

[0062] 根据本公开,所述洗涤塔塔体3的侧壁上可以开设有用于向所述系统内补充清洁水和/或吸收液的补充液入口1,4。所述补充液入口1,4在洗涤塔塔体3的侧壁上的开设位置可以根据吸收液喷淋单元的结构来设计,例如,在以上列举的实施方式中,所述补充液入口1,4在洗涤塔塔体3的侧壁上的开设位置可以为靠近所述第一吸收液储液罐16和/或第二吸收液储液罐17的上端罐口。当所述第一吸收液储液罐16和/或第二吸收液储液罐17的上端罐口与所述洗涤塔塔体3的内壁密封连接时,所述补充液入口1,4可以开设在该连接处。第一吸收液储液罐16、第二吸收液储液罐17还任选的分别设置外排液口,用于排出其中的吸收液,以方便调节吸收液例如液位、组成、浓度、pH值等。

[0063] 根据本公开,所述烟囱5的结构可以为现有湿法烟气洗涤系统中的常见结构,本公开没有特殊的限制。例如,所述烟囱5可以为上下两端分别开口的筒状,这时,烟气可以直接由洗涤塔塔体3进入烟囱5。此外,所述烟囱5也可以为上端开口、下端封闭的筒状,并在靠近筒底的周边有烟气汇集弯折通道,烟气可先上升至该通道口,然后下行再进入烟囱5,以实现烟气与液滴的分离。

[0064] 本公开的烟气洗涤系统可以用于各种工业过程,包括发电、石油化工、无机化工等,所处理的烟气中的污染物可以包括但不限于 $\text{SO}_x$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{HCl}$ 等。特别地,本公开的系统尤其适用于催化裂化装置再生烟气的湿法洗涤处理,所述催化裂化装置的工艺类型、加工规模、催化剂等无特殊限制,再生操作方式可以是完全再生或不完全再生。

[0065] 以下结合附图简单介绍具体实施方式中采用本公开的系统对烟气的洗涤方法,以进一步说明本公开的系统,但不构成对本公开的限制。

[0066] 以如图1所示的烟气洗涤系统用于催化裂化装置再生烟气的湿法洗涤处理为例。以 $\text{SO}_2$ 计,余热锅炉出口烟气中 $\text{SO}_x$ 含量可以在 $50\text{--}10000\text{mg}/\text{m}^3$ ,优选在 $100\text{--}5000\text{mg}/\text{m}^3$ ;固体颗粒物含量可以在 $10\text{--}1000\text{mg}/\text{m}^3$ ,优选在 $30\text{--}500\text{mg}/\text{m}^3$ 。进入系统的再生烟气的温度可以在 $50\text{--}500^\circ\text{C}$ ,优选在 $100\text{--}300^\circ\text{C}$ 。由外排废水管线12收集的外排废水的盐含量在 $0.1\text{--}10$ 重量%,优选在 $2\text{--}8$ 重量%。由烟气出口6收集的烟气冷凝水的盐含量可以为 $0.01\text{--}0.5$ 重量%。

[0067] 烟气由烟气入口2进入系统,向上依次经第一吸收液喷淋单元和第二吸收液喷淋单元的喷淋洗涤,第一吸收液喷淋单元和第二吸收液喷淋单元所用的吸收液的pH可以在 $5\text{--}10$ ,优选在 $6.5\text{--}9$ 。第二吸收液喷淋单元的数量为1个。第一吸收液储液罐16和第二吸收液储液罐17分别为直径由上至下逐渐减小的锥形罐,且上端罐口与洗涤塔塔体3的内壁密封连接。第二吸收液储液罐17的第二储液罐溢流口连接有延伸至第一吸收液储液罐16中的吸收液溢流管线20。第二储液罐烟气管道18的上端开口高于第二储液罐溢流口。

[0068] 烟气经过第一吸收液喷淋单元和第二吸收液喷淋单元的喷淋洗涤后继续上升,进入烟囱5。清洁水喷淋单元的数量为1个。清洁水喷嘴8采用聚四氟材质螺旋喷嘴,数量为4支,沿周向按夹角为 $90^\circ$ 排布,如图2所示。清洁水喷嘴8下方可以装填床层高度为 $0.1\text{--}1\text{m}$ 的填料,优选高度为 $0.2\text{--}0.5\text{m}$ 的蜂窝状规整填料。所用清洁水为新鲜工业水,盐含量不高于 $0.01$ 重量%。

[0069] 清洁水喷嘴8的泵出口压力可以为 $0.1\text{--}10\text{MPa}$ ,优选为 $0.1\text{--}1.0\text{MPa}$ 。清洁水的实际喷淋量取决于清洁水供应泵7的效率和清洁水喷嘴8的数量及开孔尺寸。清洁水输入量计入系统补水总量中,并根据蒸发量和外排水量折算其它补充液入口的补水量(系统的补水总量等于蒸发量与外排废水量之和)。在极限情况下,系统补水可均由清洁水喷嘴8进入,以在总耗水量不大幅增加,甚至有所降低的情况下解决烟气拖尾和下沉问题。例如,新鲜清洁水的补充量与烟气的比例通常不超过 $0.15\text{kg}/\text{Nm}^3$ ,优选 $0.001\text{--}0.05\text{kg}/\text{Nm}^3$ 。与烟气接触后的清洁水可以收集后循环利用,以重复利用并增加喷淋量,清洁水的喷淋量与烟气的比例可以为: $0.001\text{--}0.5\text{kg水}/\text{Nm}^3$ 烟气,优选 $0.01\text{--}0.2\text{kg水}/\text{Nm}^3$ 烟气,其中 $\text{Nm}^3$ 指标准状况下的气体体积。

[0070] 最后,洗涤后的烟气由烟气出口6排出系统,观察可见无烟气拖尾、蓝烟和烟羽下沉等现象。

[0071] 以上结合附图详细描述了本公开的优选实施方式,但是,本公开并不限于上述实

施方式中的具体细节,在本公开的技术构思范围内,可以对本公开的技术方案进行多种简单变型,这些简单变型均属于本公开的保护范围。

[0072] 另外需要说明的是,在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征,在不矛盾的情况下,可以通过任何合适的方式进行组合,为了避免不必要的重复,本公开对各种可能的组合方式不再另行说明。

[0073] 此外,本公开的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合,只要其不违背本公开的思想,其同样应当视为本公开所公开的内容。

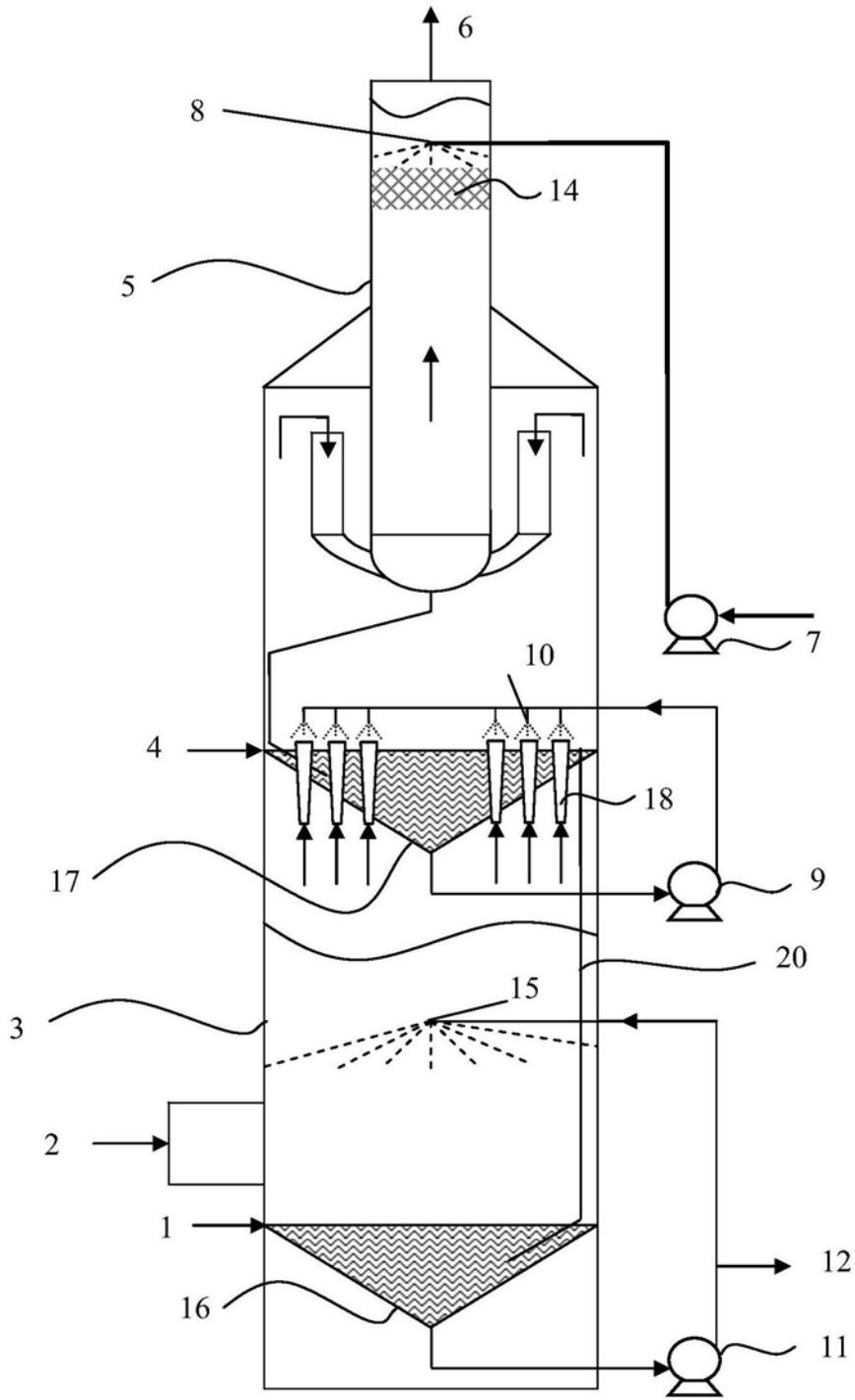


图1

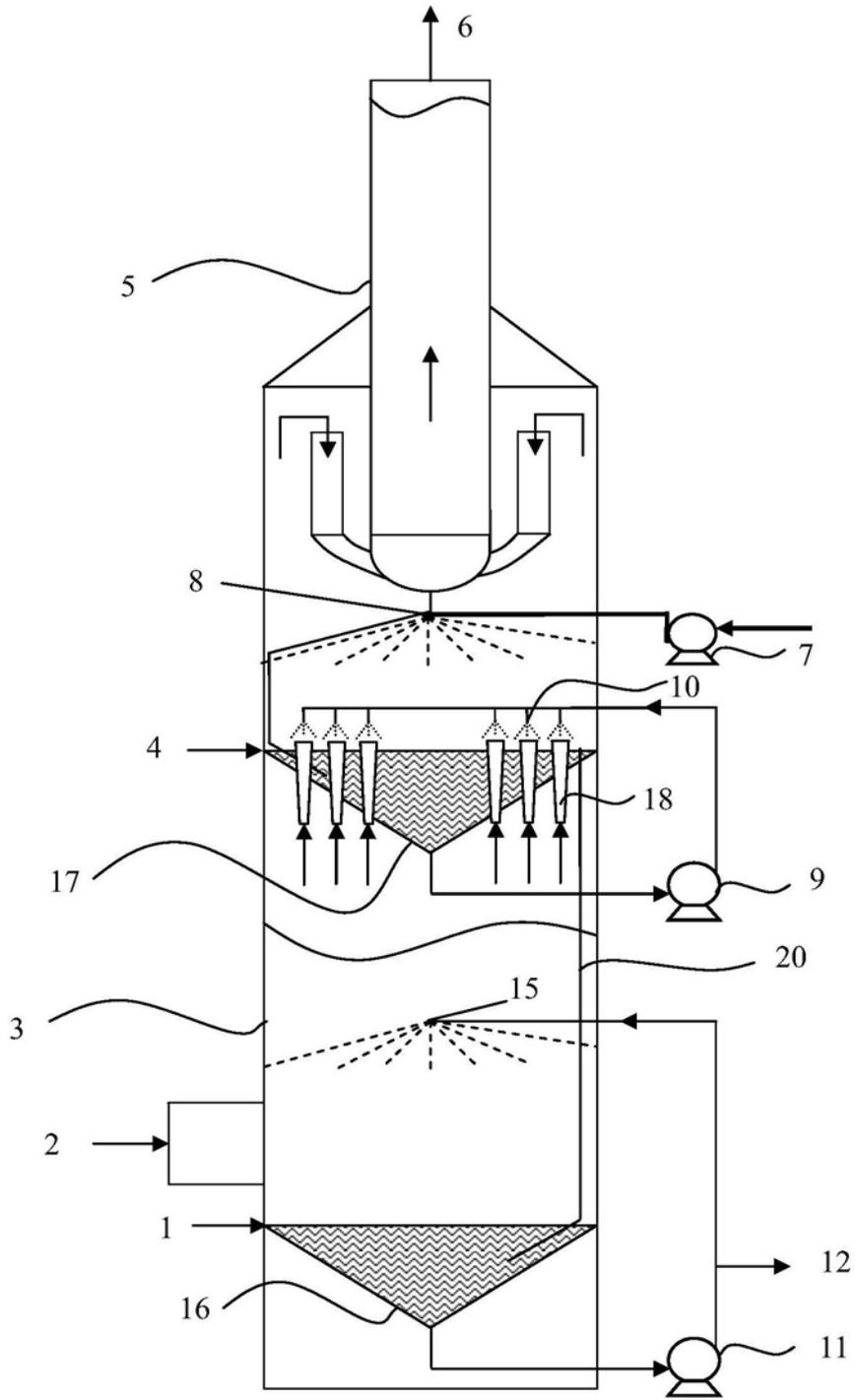


图2

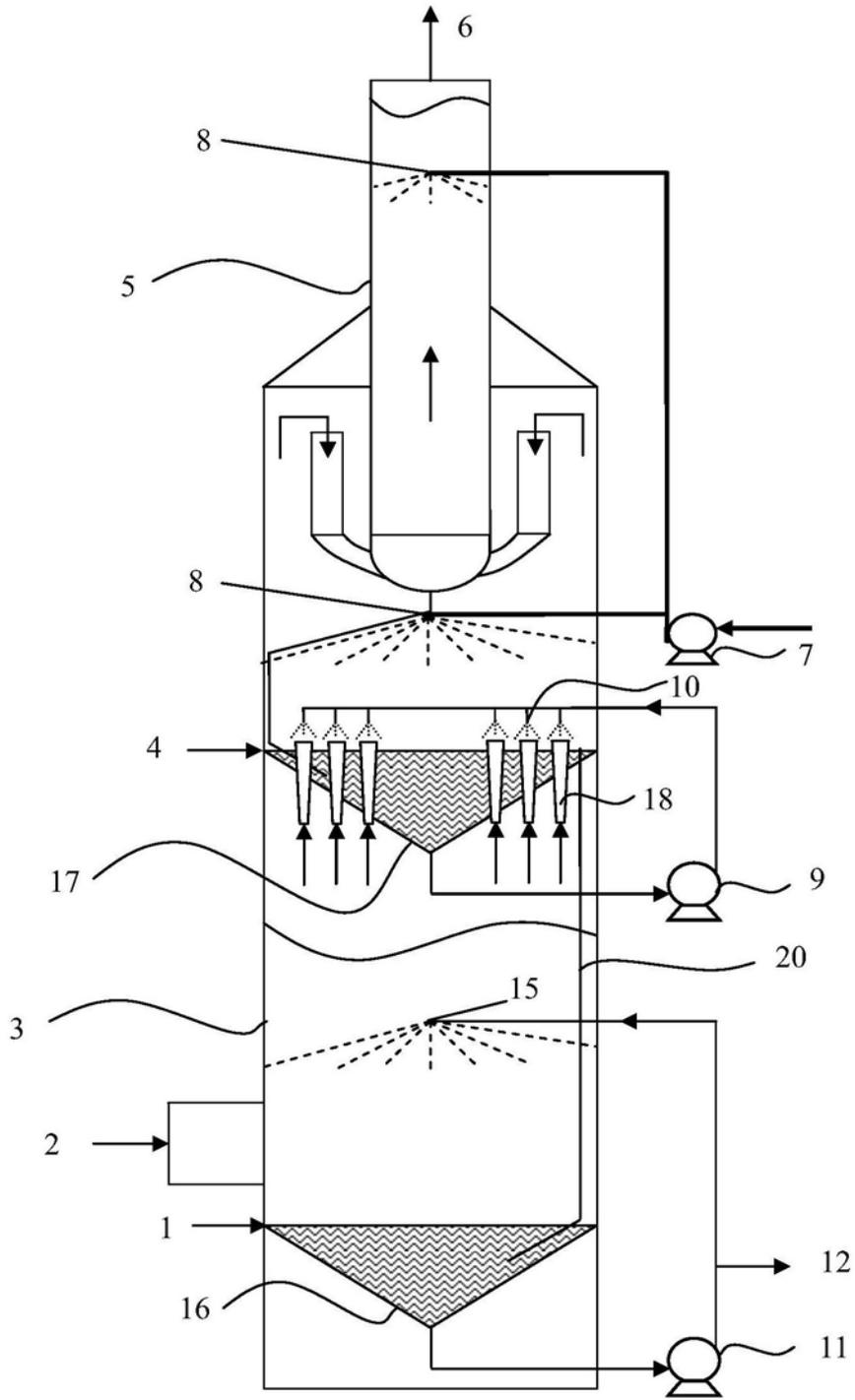


图3

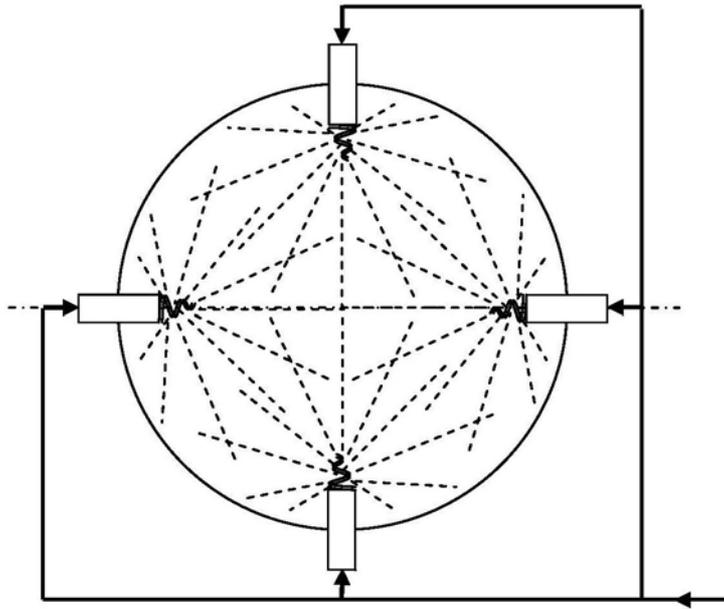


图4