

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B01D 53/50 (2006.01)

B01D 53/78 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02813512.1

[45] 授权公告日 2006 年 8 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 1270807C

[22] 申请日 2002.7.4 [21] 申请号 02813512.1

[30] 优先权

[32] 2001.7.5 [33] SE [31] 0102412-4

[86] 国际申请 PCT/SE2002/001333 2002.7.4

[87] 国际公布 WO2003/004137 英 2003.1.16

[85] 进入国家阶段日期 2004.1.5

[71] 专利权人 阿尔斯通技术有限公司

地址 瑞士 巴登

[72] 发明人 苏内·本特松

拉尔斯-埃里克·约翰松

谢尔·诺林 马蒂·马里普

审查员 张 丽

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 郑修哲

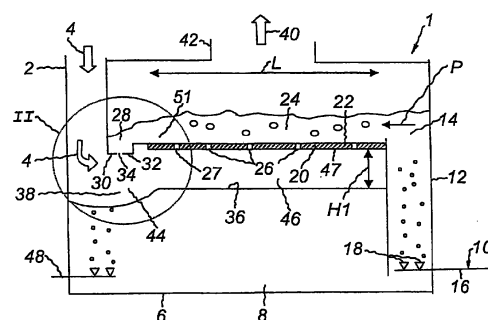
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 4 页

[54] 发明名称

从气体中分离二氧化硫的方法与设备

[57] 摘要

从气体中分离二氧化硫的设备(1)具有气体(4)的入口(2)和二氧化硫已被分离出去的气体(40)的出口(42)。多孔板(20)安装于入口(2)与出口(42)之间,多孔板用于让气体(4)从下向上穿过。多孔板支承在其上边(22)之上流动的吸收液液层(24)。入口管(12)把吸收液容器(6)连结到多孔板(20)的上边(22)。装置(10)把吸收液(8)从容器(6)经入口管(12)输送到多孔板(20)的上边(22)并沿多孔板(20)输送。设备还具有收集在多孔板(20)上流动的吸收液(8)的出口盒(30)和至少一个分布装置,分布装置用于使经入口(2)供给设备的气体(4)在穿过多孔板(20)之前与从出口盒(30)流向容器(6)的液体(8)接触。



1. 一种用含水吸收液(8、508、608)分离气体(4、504、604)中的二氧化硫的方法,其中,所述气体(4、504、604)向上输送穿过水平的多孔板(20、520、620),所述多孔板上有所述吸收液(8、508、608)的流动液层(24),其特征在于:所述吸收液(8、508、608)从入口区(14、514、614)在所述多孔板(20、520、620)上面输送到出口区(28、528、628),在此出口区内所述吸收液(8、508、608)被收集起来并使之向下流到盛放吸收液(8、508、608)的容器(6、506、606);所述出口区(28、528、628)包括出口盒(30、530、630),所述出口盒有至少一个分布所述接触区(44)内从所述出口区(28、528、628)流到所述容器(6、506、606)的吸收液的分布装置(34),首先输送所述气体(4、504、604)穿过接触区(44),所述气体在此区内与从所述出口区(28、528、628)向下流到所述容器(6、506、606)的所述吸收液(8、508、608)接触,然后再把所述气体(4、504、604)向上输送穿过所述多孔板(20、520、620)及设在其上的所述流动的液层(24),分离二氧化硫,所述出口盒(30、530、630)内的液体静压力与紧靠所述接触区(44)之前的第一点(A)和所述多孔板(20、520、620)上吸收液(8、508、608)流动层(24)上方的第二点(B)之间所述气体的静压力差之比用所述液压大于所述气体的压差这种方式来控制。

2. 按照权利要求1的方法,其特征在于选自石灰、石灰石及其悬浮物的吸收剂加入所述吸收液。

3. 按照权利要求1的方法,其特征在于:所述容器(6、506、606)内吸收液的液面(36、536、636)在所述接触区(44)之下;输送所述气体(4、504、604)穿过的通道(38、538、638)位于所述吸收液液面(36、536、636)与所述出口区(28、528、628)之间;表示所述吸收液液面(36、536、636)高度,因而也是表示所述通道(38、538、638)高度(H)的参数,用使得所述通道(38、538、638)内

所述气体(4、504、604)的平均流速在5-35米/秒范围内的方式来控制。

4. 按照权利要求1的方法,其特征为所述液体静压力与所述气体的压差之比是用离开所述分布装置(34)的吸收液(8、508、608)的流速设定于0.2-3米/秒这种方式来控制的。

5. 按照权利要求1的方法,其特征在于:所述气体在引入所述接触区(44)之前其中水蒸汽不饱和;所述气体是在所述接触区(44)与向下流的吸收液(8)接触时到达水蒸汽饱和。

6. 一种用含水吸收液(8、508、608)从气体(4、504、604)中分离二氧化硫的设备,该设备包括:

a) 含有二氧化硫的气体(4、504、604)的入口(2、502、602),和二氧化硫已被分离出去的气体(40、540、640)的出口(42、542、642);

b) 位于所述入口(2、502、602)与所述出口(42、542、642)之间的水平的多孔板(20、520、620),所述多孔板允许含二氧化硫的气体从下向上穿过并支承在多孔板上边(22)之上流动的吸收液(8、508、608)液层(24);

c) 装所述吸收液(8、508、608)的容器(6、506、606);

d) 至少一根入口管(12、512、612),所述入口管把所述容器(6、506、606)连结到所述多孔板(20、520、620);

e) 至少一个用于把所述吸收液(8、508、608)从所述容器(6、506、606)经所述入口管(12、512、612)输送到所述多孔板(20、520、620)的上边(22)并沿所述多孔板(20、520、620)输送的装置(10、510、610);

其特征是所述设备还包括:

f) 至少一个收集在所述多孔板(20、520、620)上流动的所述吸收液(8、508、608)的出口盒(30、530、630);

g) 至少一个分布装置,所述装置用于使通过所述入口(2、502、602)供给所述设备的所述气体(4、504、604)在穿过所述多孔板(20、

520、620)之前与从所述出口盒(30、530、630)流到所述容器(6、506、606)的所述吸收液(8、508、608)接触。

7. 按照权利要求6的设备,其特征在於所述的至少一个分布装置包括至少一个孔(55、56、152、154)。

8. 按照权利要求7的设备,其特征在於所述孔(55、56、152、154)的最小直径(D)或最小的间隙宽度(V)为1-8厘米。

9. 按照权利要求6的设备,其特征在於:所述出口盒(30、530、630)有底部(32);所述底部低于所述多孔板(20、520、620)的上边(22)的水平面。

10. 按照权利要求6的设备,其特征在於:所述容器(6、506、606)的液面(36、536、636)在所述出口盒(30、530、630)的下面;在所述液面(36、536、636)与所述出口盒(30、530、630)之间有一个通道(38、538、638)。

11. 按照权利要求10的设备,其特征在於所述容器(6、506、606)的吸收液液面(36、536、636)也延伸于整个多孔板(20、520、620)的下面。

12. 按照权利要求6的设备,其特征在於在所述多孔板(20)与所述出口盒(230)之间安排一个溢流缘(258)。

13. 按照权利要求6的设备,其特征在於所述出口盒(430)包括调整穿过所述分布装置(459、460)的所述液体流速的控制装置,所述的控制装置是节流孔板(458)。

14. 按照权利要求6的设备,其特征在於把所述吸收液(8、508、608)输送到所述多孔板(20、520、620)的上边(22)的装置包括大型泵(10、510、610)。

15. 按照权利要求7的设备,其特征在於所述吸收液(8)排气用的一个排气区安排于所述多孔板(20)与所述的至少一个分布装置之间。

从气体中分离二氧化硫的方法与设备

技术领域

本发明涉及利用含水吸收液从气体中分离二氧化硫的方法，在该方法中所述气体向上穿过其上设有吸收液的流动液层的基本为水平的多孔板。

本发明还涉及利用含水吸收液从气体中分离二氧化硫的设备，该设备包括：含二氧化硫的气体的入口和二氧化硫分离出去后的气体的出口；所述入口与出口之间的基本为水平的多孔板，所述多孔板用于让含二氧化硫的气体从下向上穿过并支承位于其上边之上的流动的接收液液层；吸收液容器；至少一根连结所述容器与多孔板上边的入口管；至少一个把吸收液从所述容器经过所述入口管输送到所述多孔板上边并使吸收液沿该板流动的装置。

背景技术

二氧化硫是一种诸如煤、石油、天然气、工业和生活废品、泥煤之类的含硫材料氧化中产生的气体。二氧化硫也可能是例如冶金过程之类的化学反应过程的残余产物。一般情况下是不允许逸出大量二氧化硫进入大气中的，因此，这意味着必须进行某种清洁处理。其中一例就是发电厂和其他燃烧燃料的工厂进行的废气清洁处理。这些工厂在燃烧燃料中形成的废气通常要用吸收液吸收二氧化硫的办法进行清洁等方面的处理。所述吸收液含有适于吸收二氧化硫的成分，例如可以包括水和下面的一至数种物质：石灰、石灰石、白云石、氢氧化钠溶液和类似的物质。废气，例如，可以按 EP0, 162, 536 号说明的那样在喷雾室内进行清洁处理，或者按 US5, 246, 471 号说明的那样用多孔料盘进行清洁处理。然而，已经发现使用这些设备对气体，特别是对废气进行清除二氧化硫的清洁处理需要大量的能量，因为要以比较高的压力泵送大量的吸收液。

US4, 099, 925 号、5, 660, 616 号、4, 239, 515 号和 WO 96/00122 号说明过以低能耗进行清洁处理的设备。向上输送废气，使之穿过其上面有流动的吸收液液层的多孔板。

如果废气中的水蒸气不饱和，在清洁处理过程中吸收液中的水就会蒸发进入废气中。现已发现在废气穿过所述多孔板时这种蒸发会部分地发生。有一个难以解决的问题是诸如石灰、石灰石、石膏、亚硫酸钙、硫酸钠之类溶解或悬浮于吸收液中的物质趋向于汽化并沉淀于多孔板的下面和多孔板的孔中。这会增加穿过多孔板的压降并使多孔板区域的压降变化不定。由于压降增加会导致能耗增加，由于废气在多孔板上吸收液层内的不均匀分布而导致二氧化硫的吸收减少。对这个问题的现有解决办法是在有多孔板的清洁处理设备之前安装一个例如 US5, 753, 012 号披露的那种分离喷雾塔式的冷却器。在废气被首先引入的这个分离喷雾塔内，要以液流与废气流之比（也叫 L/G）一般大约为每立方米废气 0.2-1 升液体并以能使液体雾化、水蒸气饱和于废气的高压喷射含水液体。废气在水蒸气饱和后穿过多孔板方可没有固体沉淀的危险。然而，安装分离喷雾塔是一个复杂的耗能的解决办法，它包括多个泵、管子、液箱、控制系统和一个分离塔。此外，在使用这种喷雾塔时，可能形成半干微粒，这种微粒会附着于多孔板的下面。因此，有时需要安装一个断续地清洗多孔板下面的系统。

发明内容

因此，本发明的目的是提供一种能克服现有方法的上述缺点或大大减少所述缺点的有效的从气体中分离二氧化硫的方法及设备。

为实现本发明的上述目的，本发明提供了一种用含水吸收液分离气体中的二氧化硫的方法，其中，所述气体向上输送穿过水平的多孔板，所述多孔板上有所述吸收液的流动液层，其特征在于：所述吸收液从入口区在所述多孔板上输送到出口区，在此出口区内所述吸收液被收集起来并使之向下流到盛放吸收液的容器；所述出口区包括出口盒，所述出口盒有至少一个分布所述接触区内从所述出口区流到所述容器的吸收液的分布装置，首先输送所述气体穿过接触区，所述气

体在此区内与从所述出口区向下流到所述容器的所述吸收液接触，然后再把所述气体向上输送穿过所述多孔板及设在其上的所述流动的液层，分离二氧化硫，所述出口盒内的液体静压力与紧靠所述接触区之前的第一点和所述多孔板上吸收液流动层上方的第二点之间所述气体的静压力差之比用所述液压大于所述气体的压差这种方式来控制。

根据优选实施例，把选自石灰、石灰石及其悬浮物的吸收剂加入吸收液。因为二氧化硫要从大流量的废气中分离，从节约的观点出发石灰和石灰石是好吸收剂。由于所含的化合物，例如，石灰石、石膏和亚硫酸钙的可溶性有限，吸收液含有的石灰和石灰石是以悬浮固体颗粒的形式存在的。使用根据本发明的方法很少有所述悬浮固体颗粒附着于多孔板并引起多孔板堵塞的危险。

容器内的吸收液液面适宜于在接触区水平面之下，在吸收液液面与出口区之间有输送废气通过的通道，表示吸收液液面高度从而也是表示所述通道高度的参数以所述通道内的废气流速在 5-35 米/秒范围内的方式加以控制。现已了解，这一范围内的流速可以使废气与吸收液之间有良好的接触，从而使废气中的水蒸气饱和以及压降的减少达到满意的程度。通过调整所述通道的高度就可以在废气流量不同的情况下把废气的流速保持于所述理想的范围之内。

优选地，所述液体静压力与所述废气压力差之间的比以把离开分布装置的吸收液流速设定在 0.2-3 米/秒的方式来控制。吸收液有这样的流速时，接触区内的废气与吸收液就会有效地接触。获得这种流速所需的液体静压力比较低，这会导致动力消耗低。这是因为出口盒内的液压高导致吸收液从容器回到入口区的提升高度高的缘故。

根据一个优选实施例，废气在引入接触区之前是不饱和的，它是在接触区与向下流动的吸收液接触时基本饱和水蒸气的。饱和水蒸气大大减少吸收液中溶解的或悬浮的物质沉淀于多孔板的下边的危险并减少多孔板内压降增加引起的问题。

本发明的另一目的是提供一种用含水吸收液从气体中分离二氧化硫的设备，该设备包括：含有二氧化硫的气体的入口，和二氧化硫已

被分离出去的气体的出口；位于所述入口与所述出口之间的水平的多孔板，所述多孔板允许含二氧化硫的气体从下向上穿过并支承在多孔板上边之上流动的吸收液液层；装所述吸收液的容器；至少一根入口管，所述入口管把所述容器连结到所述多孔板；至少一个用于把所述吸收液从所述容器经所述入口管输送到所述多孔板的上边并沿所述多孔板输送的装置；其特征是所述设备还包括：至少一个收集在所述多孔板上流动的所述吸收液的出口盒；至少一个分布装置，所述装置用于使通过所述入口供给所述设备的所述气体在穿过所述多孔板之前与从所述出口盒流到所述容器的所述吸收液接触。

分布装置适宜于包括至少一个孔口。所述孔口，可以制成各种形状，往往适于形成吸收液的喷射，喷出的吸收液的主要部分到达容器，次要部分被废气夹带走，所述吸收液与废气有良好的接触。多数种类的孔口设计成能提供低的压降和良好的液体分布，以及堵塞的危险很小。特别理想的是，所述孔口的特性尺寸，例如，孔的最小直径，最小的间隙宽度为 1-8 厘米。孔口的这种大小会产生良好的分布、低的压降并与吸收液接触形成适当大小的小液滴。在所述与吸收液的接触中产生的小液滴，大小范围很宽。这种大小范围包含一定量的与不包含水蒸气的废气接触时迅速汽化的小液滴。然而，吸收液的主要部分不应为废气所夹带，而是落入容器。

出口盒的底部低于多孔板的上边的水平是适宜的。这样配置的底部可以提供足够高的液压，以便从分布装置喷出的吸收液有所需的流速。

根据一个优选实施例，容器内吸收液的液面低于出口盒，在吸收液液面与出口盒之间有一个通道。这一实施例可以通过改变容器内吸收液液面高度改变通道。同时又可方便地获得一个收集装置，很容易把穿过所述通道的吸收液收集到容器内。吸收液液面与从分布装置向下流的吸收液一起有效地密封所述通道，减少废气不接触吸收液就通过通道的危险。特别理想的是容器内吸收液的液面还延伸到整个多孔板的下面。这样做的优点是容器既收集流出分布装置的吸收液又收集可能穿过多孔板的孔向下流的吸收液。特别是废气流量低于设备的选

定的断面尺寸的流量时，流动于多孔板上的液层的相当一部分会穿过多孔板的孔向下流。容器内的液面延展于整个多孔板的表面之下时，所有经分布装置和穿过多孔板的孔向下流的吸收液都会收集于容器内而不必添加泵和管子之类的东西。

根据一个优选实施例，在多孔板与出口盒之间安装溢流缘。所述溢流缘能提供某种最薄的流动于多孔板之上的液层。在废气流量少的情况下，这样就特别具有优越性，因为，如果不这样，出口盒就会把整个液层抽完。

根据另一实施例，出口盒包括例如节流孔板之类的控制装置，调整通过分布装置的液流速度。控制装置可以用于把出口盒的功能调整到当前的运行状态，从而在各种不同的气流速度下设备都能以最高效率运行。

优选方案是所述向多孔板的上边输送吸收液的装置包括大型泵。大型泵可以输送吸收液并同时氧化可以氧化的物质，例如，存在于吸收液里的亚硫酸盐。根据本发明的设备的大型泵的特殊优点是在废气流量大的情况下，通常要求通道很高，同时要高度氧化亚硫酸盐。大型泵的特性还可以在吸收液流量大的情况下提供强大的氧化能力，这对于获得很高的通道高度是必要的。

给吸收液排气的排气区适于配置于多孔板和分布装置之间。排气导致吸收液比重增加，这会提高出口盒内的液压。提高液压可以用于提高穿过分布装置的液流速度。通过排气还可以降低恒定液压下的出口盒深度。

附图说明

现在以多个实施例并参照附图更详细地说明本发明。

图 1 是一幅侧视断面图，示意地示出根据本发明的设备。

图 2 也是一幅侧视断面图，放大地示出图 1 中部分 II。

图 3a 是一幅顶视平面图，示出图 1 和图 2 中的出口盒的底部。

图 3b 也是一幅顶视平面图，示出图 3a 内的底部的另一实施例。

图 4a 是一幅侧视断面图，示出设有溢流缘的出口盒。

图 4b 是图 3a 所示底部的顶视平面图，有节流孔板。

图 5a 是一幅侧视断面图，示出本发明圆形设备的实施例。

图 5b 是图 5a 中所示设备沿 V—V 线切开的顶视断面图。

图 6a 是一幅侧视断面图，示出本发明圆形设备的另一实施例。

图 6b 是图 6a 中所示设备沿 VI—VI 线切开的顶视断面图。

图 1 示出根据本发明的设备 1。所述设备 1 有供从锅炉（未显示）排出的废气 4 进入的入口 2。所述设备 1 的下部是液箱 6，用于盛放吸收液 8。设备 1 还有大型泵 10，用于把吸收液 8 从液箱 6 通过入口管 12 输送到入口区 14。大型泵 10 包括从压缩空气容器（未显示）输送压缩空气的管道 16 和多个把压缩空气分布于吸收液 8 中的压缩空气喷嘴 18。入口区 14 与多孔板 20 相连通。所述多孔板 20 的上边 22 支承在其上流动的吸收液 8 的液层 24。多孔板 20 有许多均匀分布的孔 26，废气 4 可以从其中穿过。多孔板 20 的整个水平表面的突起位于液箱 6 的壁的内部，从而通过多孔板 20 的孔 26 下滴的吸收液 8 有效地收集于液箱 6 内。而且，设备 1 有出口区 28，该区与多孔板 20 的上边 22 相连通。出口区 28 位于多孔板 20 的一端，与入口区 14 相对，与入口区 14 的距离为 L。出口区 28 包括出口盒 30，该盒用于收集在多孔板 20 上以层的形式流动的吸收液 8。出口盒 30 有底部 32，所述底部有孔口 34 形式的分布装置。在出口盒 30 的底部 32 与液箱 6 内的吸收液表面 36 之间有间隙 38 形的通道，废气 4 可以从其中通过。穿过设备 1 的气体 40 通过出口 42 输送出去进行后处理（未显示），所述后处理例如可以包括分离气体内的小液滴及对气体再加热使之达到水蒸气饱和温度以上。所述吸收液 8 基本上是水、石灰石和石膏和亚硫酸钙的混合物，石灰石是从一个石灰石悬浮物容器（未显示）内提供到液箱的，石膏和亚硫酸钙是在从废气 4 分离二氧化硫时形成的石灰。吸收液 8 可以，例如，按 W0 96/00122 号说明的方法制备。

在根据本发明的方法里，废气 4 通过入口管 2 输送到间隙 38。与间隙 38 相关，吸收液 8 是穿过孔口 34 进入的。这样，所述吸收液 8 就与所述废气 4 接触并混合，从而形成接触区 44。在所述接触区 44

内，吸收液 8 部分地汽化，废气 4 内的水蒸气基本饱和。因此，当接触区 44 内的废气 4 与基本上在多孔板 20 的上边 22 流动的所有吸收液 8 接触时，废气内的饱和达到满意的程度。然后，所述废气 4 被进一步输送到吸收液的表面 36 与多孔板 20 之间的空间 46。在穿过间隙 38 后已基本饱和的所述废气 4 还包含从接触区 44 夹带的吸收液小液滴。这些小液滴对多孔板的下边 47 会产生冲洗作用，这样就减少了固体颗粒在多孔板 20 的下边 47 上和孔 26 内沉淀的危险。接着，废气 4 穿过多孔板 20 的孔 26 并分散开，与此同时与多孔板 20 的上边 22 上的吸收液 8 的流层 24 接触，二氧化硫从废气 4 分离出去并溶解于吸收液 8 内。已分离了二氧化硫的气体 40 通过气体出口 42 离开所述设备。

由大型泵 10 的喷嘴 18 形成的压缩空气气泡降低入口管 12 内吸收液 8 的比重。因此，吸收液 8 会在入口管 12 内向上流动，到达入口区 14 并在多孔板 20 的上边 22 上方流动，吸收液即在这一流动区从废气 4 吸收二氧化硫。在吸收二氧化硫的过程中，在吸收液 8 内形成亚硫酸离子。高浓度的亚硫酸离子是不理想的，因为会增加硫酸亚钙沉淀和结垢的危险。由于大型泵 10 供应空气，在向上输送吸收液 8 的同时在入口管 12 内会产生强大的亚硫酸离子氧化作用。如果需要增强氧化作用可以在靠近液箱 6 底部的地方安装从压缩空气容器（未显示）供应压缩空气的氧化装置 48。吸收液在整个多孔板上流过后被输送到出口区 28。在出口区 28 内没有废气 4 发泡通过吸收液 8，因此吸收液 8 只会多少排出一些气，这会引起比重提高。吸收液收集于出口盒 30 内，然后流出孔口 34，与废气 4 接触并部分汽化。流出孔口 34 的吸收液 8 的未汽化部分冲击液面 36 并与液箱 6 内的吸收液汇合。

结果，吸收液 8 会被输送到多孔板 20 的上边 22 之上方，然后再通过接触区 44 回到液箱 6 并在吸收液 8 再一次输送到多孔板 20 的上边 22 之前用空气进行处理以便氧化亚硫酸盐。因此，刚刚在多孔板 20 的上边 22 之上方吸收了二氧化硫并因此与已经清洁处理的气体 40 接触的吸收液 8 在被输送到接触区 44 与未经清洁处理的废气 4 接触的这块区域有逆流过程。因为未经清洁处理的废气 4 比已经清洁处理的

气体 40 含有更多的二氧化硫，尽管吸收液已经在多孔板 20 上吸收了大量的二氧化硫，由于逆流过程的缘故，在接触区 44 还是会再吸收不少二氧化硫。因此，这种逆流过程在流动于多孔板 20 上方的吸收液流量可比较时，与现有方法相比提高了设备 1 的吸收二氧化硫的能力。

图 2 放大地示出图 1 内的部分 II。显然，废气 4 会对液面 36 起作用和在靠近废气 4 的入口 2 的地方形成向下弯曲的表面 50。这一表面的确切形状随废气 4 的流速和设备 1 的具体结构不同而有所不同，因此，图 2 内所示的表面 50 的形状只可看作是一种示意实例。废气 4 还会影响吸收液 8 离开孔口 34 流动的液流 35，这种液流 35 不是垂直的而是下部偏斜的。重要的是液流 35 的小液滴的大小和流速要强有力使得从出口盒 30 到吸收液表面 36 都有浓密的吸收液 8 形成的液幕。吸收液的表面 36 与出口盒 30 之间的间隙 38 在孔口 34 处的高度为 H 。这一高度由液箱 6 内吸收液的水平，即液面 36 的高度控制。在废气 4 的流量确定的情况下，一定的高度 H 导致间隙 38 内有一定的流速。现已发现废气的这一流速不应超过大约 35 米/秒。废气流速快了，间隙内的压降会增加。流速快了，更大的缺点是废气 4 会夹带吸收液 8 的主要部分离开孔口 34。这会增加空间 46 内的压降并使孔 26 内充满吸收液，因此，这些孔内的压降也会增加。间隙 38 内的废气流速应超过大约 5 米/秒，以保证废气 4 与孔口 34 分布的吸收液 8 之间的接触良好。现已发现，在图 2 所示的情况下，在液箱 6 内的液面 36 延伸超出多孔板 20 的同一表面的情况下，高度 H 至少为床长，即，从入口区 14 到出口区 28 的长 L 的大约 10% 才适合。控制到达大型泵 10 的压缩空气流以调整高度 H 到达适合于目前的工作状态的值。在废气流增加的情况下，增加到达大型泵 10 的空气流，这会增加到达入口区 14 的吸收液流。由于这个缘故，液层 24 的厚度增加，液箱 6 内的液量减少，高度 H 增高。间隙 38 内的废气流速因此能保持在理想的范围内。同时，液层 24 增厚可以使废气 4 的流在更高的流速下仍能充分地吸收二氧化硫。

出口盒 30 的设计成使得离开孔口 34 的吸收液 8 的流量符合需要。

为了防止废气 4 不从孔 26 穿过而从孔口 34 穿过，出口盒必须有一定的流体静压力 P_1 。可以测出紧靠接触区 44 之前的 A 点与紧靠液层 24 之上的 B 点之间的压差 dP_r 。出口盒 30 内的液压 P_1 可以用从出口盒 30 的底部 32 到该底部 32 正上方吸收液 8 表面的 S 点的高度 h_1 算出，计算方法是以前述高度 h_1 乘出口盒 30 内的液体的比重和重力加速度 g 。

离开孔口 34 的吸收液 8 一定要有一定的速度以使吸收液与废气 4 在接触区 44 内有良好的接触。现已发现吸收液的流速为 0.2—3 米/秒比较适宜。为了提供这种流速，出口盒 30 内的液体静压力 P_1 必须显著地大于 dP_r 。现已发现高度 h_1 至少比与 dP_r 匹配所需的高度高出 100mm 才适于提供所述流速。还应明白，在高度 H 低的情况下，间隙 38 内的压降会高，这会增加压差 dP_r ，这又会要求出口盒 30 内的高度 h_1 很高。

液层 24 中的吸收液 8 会含有比较多的废气泡。高度 h_1 尽量低一些而又能满足上述条件是理想的，因为，为了在间隙 38 内有所需的高度 H ，大型泵 10 必须使多孔板 20 的下边 47 与液面 36 之间的高度差 H_1 小一些，这会减少大型泵 10 内压缩空气的消耗。当出口盒 30 内的液体静压力 P_1 与高度 h_1 和出口盒 30 内吸收液 8 的密度的积成正比时，如果高度 h_1 降低，为了获得相同的液体静压力，必须提高密度。为此目的，出口盒 30 内吸收液垂直向下的流速大约为 0.1—1 米/秒是适宜的，优选方案是大约 0.5 米/秒。现已发现这一速度对于吸收液排气有满意的结果是适当的，这会增加吸收液的密度。为了同一目的，在从液层 24 的流动方向 P 看多孔板的最后一个孔 27 与出口盒 30 之间安排一个排气区 51。吸收液在流过排气区 51 时气泡离开吸收液 8，这会增加吸收液的密度。

吸收液在多孔板 20 上流动的所有流量都用于在接触区 44 与废气 4 接触。吸收液在多孔板 20 上以液层 24 的形式流动的流量与废气 4 穿过多孔板 20 上的液层 24 的流量之比（也称为 L/G ）为每立方米废气 10—15 升吸收液是适宜的。吸收液以大致这样大的流量在接触区 44 与废气 4 接触，在接触区 44 内会获得满意的水蒸气饱和并吸收不少的二氧化硫。

图 3a 示出沿图 2 的 III—III 线剖开后所见到的出口盒 30 的底部 32。从废气 4 的水平流动方向看，所述底部 32 有第一行孔口 52 和第二行孔口 54。这些口各自都是圆形孔 55 和 56。所述圆孔 55、56 可以是圆筒或其一端为倒圆的、斜切的或适合于口的其它形状。孔 55、56 的最小直径，即，最短横截面长度应为大约 1—8cm，优选方案为大约 1—5cm。如果所述孔的直径小于大约 1cm，在吸收液 8 与废气 4 接触时就会形成小液滴，这些小液滴小得能被废气 4 大量夹带，这会导致上面所说的空间 46 内和孔 26 内压降增加。使用直径大于大约 8cm 的孔 55、56 时，吸收液 8 与废气 4 之间的接触不好，导致废气内水蒸气不能充分饱和。从图 3a 中可以明显地看出第一行中的孔 55 与第二行中的孔 56 的配置关系。这是为了获得最佳覆盖和吸收液 8 与废气 4 之间的最佳接触，从而废气 4 在没有被供以水蒸气的情形下不会通过接触区 44。

图 3b 示出图 3a 中所示出口盒 30 的另一实施例。图 3b 中所示出口盒 130 有底部 132，从废气 4 的水平流动方向看，所述底部有第一间隙 152 和第二间隙 154。这两个间隙 152、154 部分地互相重叠，因而没有废气 4 经过接触区 44 而不与吸收液 8 接触的。间隙 152、154 在其入口和/或出口可以是长方形截面的、倒圆的、斜切的或其它适合于孔口的形状的。由于上述与圆孔 55、56 相关的同样的缘故，间隙 152、154 的最小宽度 V ，即，最小横截面长度应为大约 1—5cm。

图 4a 示出图 2 中所示出口盒的另一实施例。在低负荷运转时，即，废气 4 的流量低于设备 1 选定的断面尺寸的流量时，液层 24 以过高的速度在多孔板 20 上流动，有时是一个问题。这是因为废气流量减少时，压差 dP_r 也下降。因此，孔口 34 内的流速加快，从而液层 24 很快经出口盒 30 排出。为了在这种环境下提供足够厚的液层 24，吸收所需程度的二氧化硫，必须增加大型泵 10 内压缩空气的流量，这会增加低负荷运转时的运行成本。这就是图 4a 内所示出口盒 230 这个实施例有溢流缘 258 的原因。在正常负荷运转时，即废气 4 的流量正常时，溢流缘 258 一点也不会影响液层 24 的正常水平 224。在低负荷运转时，即

废气4的流量少时,由于有溢流缘258,液层24的低负荷水平225比出口盒230内的水平227高出不少。出口盒230内的低水平227还降低液体静压力,因而也减慢吸收液8流出出口盒230的速度:从而达到一种平衡,在这种情况下流出出口盒230的液流与水平227平衡。因此,由于溢流缘258的缘故液层24可以达到水平225,这使得低负荷运转时降低大型泵10内压缩空气的消耗成为可能。

图4b示出图3a中所示底部的再一实施例。图4b中所示的出口盒430,从上面看有带圆孔455、456的底部432,这些孔与图3a中所示的相类似。紧靠出口盒430的底部432上安装节流孔板458。所述节流孔板458,可以与底部432作相对移动,并有圆孔459、460,这些圆孔与孔455、456各相对应。移动节流孔板458可以或多或少地减小孔455、456各自开口的大小。因此,在低负荷运转时,可以减小孔455、456的开口以减少从出口盒430流出的吸收液。

图5a示出是根据本发明的圆形实施例设备501。图5b中示出图5a内的设备501沿V—V线剖开的断面图。所述设备501有废气504的中央入口502。设备501的下部是用于盛放吸收液508的液箱506。设备501还有把吸收液508从液箱506经过入口管512输送到入口区514的大型泵510。所述入口区514有把吸收液508输送到多孔板520的八根管子515,所述多孔板520是前面说明过的那一种。多孔板520有废气504可以穿过的许多均匀分布的孔526,图5b中仅示出了几个这样的孔。设备501还有出口区528,它与多孔板520的上边相连通。出口区528包括收集在多孔板520上流动的吸收液508的出口盒530。围绕入口502延伸的出口盒530,适于按照上面说明过的出口盒的样式设计。在出口盒530的底部与液箱506内吸收液液面536之间有间隙538形式的通道,废气504可以从其中通过。穿过设备501后的气体540经过气体出口542输送出去进行后处理(未示出)。置于中央的管子512和八根管子515也可以用多个,例如,六个沿多孔板520的外周边配置的大型泵代替。

图6a示出根据本发明的又一实施例的设备601。图6b中示出图

6a 内所示设备 601 沿 VI—VI 线剖开的断面图。所述设备 601 有安装于侧边的供废气 604 进入的入口 602。设备 601 的下部有液箱 606，用于盛放吸收液 608。设备 601 还有把吸收液 608 从液箱 606 经中央入口管 612 输送到入口区 614 的大型泵 610。入口区 614 把吸收液 608 输送到多孔板 620，该板是上面说明过的那一种。多孔板 620 有废气 604 可以穿过的许多均匀分布的孔 626，图 6b 中仅示出几个这样的孔。设备 601 还有出口区 628，它与多孔板 620 的上边相连通。出口区 628 包括收集在多孔板 620 上流动的吸收液 608 的出口盒 630。出口盒 630 适于按照上面说明过的出口盒的样式设计。在出口盒 630 的底部与液箱 606 内吸收液液面 636 之间有间隙 638 形式的通道，废气 604 可以从其中通过。穿过设备 601 后的气体 640 经过出口 642 输送出去进行后处理（未示出）。

应该理解，在本发明的范围内，例如所附权利要求书中规定的范围内可以想象出本发明上述实施例的许多变型来。

吸收二氧化硫可以用许多不同的吸收液进行。适合与水混合用于吸收二氧化硫的物质有石灰石、石灰、白云石、氢氧化钠等。因此，所述设备不限于使用吸收液的某种具体成分。

根据本发明的设备可以设计成多种多样。除了上面说明的圆形设计外，长方形、正方形和扇形的设备也是可以想象的。

大型泵可以用各种不同的泵代替，例如用螺旋式泵代替。然而，由于同时的氧化作用的缘故，最佳方案还是用大型泵。不过，也可以用多个较小的大型泵向多孔板输送吸收液。在所述设备的有些实施例里，这是优选方案，因为这样做吸收液在多孔板上边的分布更均匀。

多孔板可以有各种不同的设计，也可以用许多不同的材料制造。最佳方案是按照 WO 96/00122 所说明的制造多孔板。使用聚合材料制造的多孔板时，进入的废气必须是低温的，才不会损坏多孔板，可以利用本发明达到这一目的。接触区可以安装各种改善废气与吸收液接触的装置。这些装置，例如，可以是垂直的格栅或静态混合器。然而，最佳方案往往是使用开放的样式，即，接触区不包含任何可能引起堵

塞从而增加出口盒与液箱内吸收液液面之间间隙内压降的部件。

上述实施例用于对燃煤锅炉排出的废气进行清洁处理。但要了解，本发明也可以用于从气体中分离二氧化硫的其它方法中。这些方法的例子有：燃烧油、泥煤、生物燃料及诸如工业和生活废品之类的废品的方法；诸如炼钢或炼铜之类的冶金方法；水泥生产方法和诸如炼油和天然气提炼之类的提炼方法。本发明的设备还可以用于吸收与二氧化硫一起的其它物质。这些物质有：卤化物，例如，氯化氢、氟化氢、溴化氢和碘化氢；溴；重金属，例如，汞；以及其它化合物。

正如上面所提到的，接触区 44 可以使废气内的水蒸气饱和以及从废气中吸收二氧化硫。当要求在接触区 44 内使废气 4 内水蒸气饱和时，当废气 4 内水蒸气已经饱和时要求在接触区吸收二氧化硫时和当要求在接触区 44 使废气内水蒸气饱和的同时又吸收二氧化硫时，都可利用本发明。

下面的试验例涉及用上面参照图 1、2 和 3a 说明的那种设备进行的小规模试验。

实例

所述设备的床长 L 大约 3 米。聚丙烯制造的多孔板厚 30mm，和大约 36% 的自由孔面积，孔 26 的直径 22mm。孔 26 在多孔板的下边 47 上是斜切的。向液箱 6 注入的是含有石灰石的水悬浮液，石灰石的粒度为大约 96% 能通过 44 微米的筛，水悬浮液中石灰石的重量占 25%。更多的水加入液箱 6 内。运行期间液箱内的吸收液 8 含有的固体颗粒大约占重量的 13%，pH 值大约 4.5。

清洁处理的是燃油发电厂排出的废气 4，进入的废气中水蒸气不饱和，温度大约 191°C ，和二氧化硫浓度大约为百万分之 732。引导废气 4 经入口 2 到间隙 38。液箱 6 内的液面 36 调整到间隙 38 内的废气流速为 12 米/秒的水平。废气流速这样快时，高度 H 为床长 L 的 15%。A 点与 B 点的压差估计大约为 4600 帕。出口盒 30 内的高度 h_1 是 700 毫米，与之相应的液压大约为 6000 帕。出口盒底部的圆孔 55、56 的直径大约 2 厘米。圆孔 55、56 的数目选定做到吸收液离开孔 55、56

的流速在当时的液体静动下大约为 1.5 米/秒。凭肉眼检查判断，废气 4 夹带了大约 10%离开出口盒 30 底部 32 的孔 55、56 的吸收液，其余的吸收液到达液面 36。试验期间，没有发现多孔板 20 的孔 26 有任何堵塞，也没有发现多孔板 20 的下边 47 有任何结垢。还可以观察到废气 4 夹带的吸收液对所述下边 47 有明显的冲洗作用。测定显示，紧靠多孔板 20 下面的废气 4，温度为 57℃，水蒸气基本饱和。离开设备 1 的气体 40，温度大约为 55℃，含有大约 6ppm 的二氧化硫。

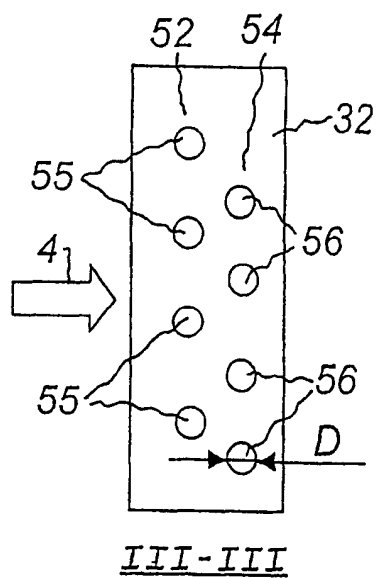


图 3a

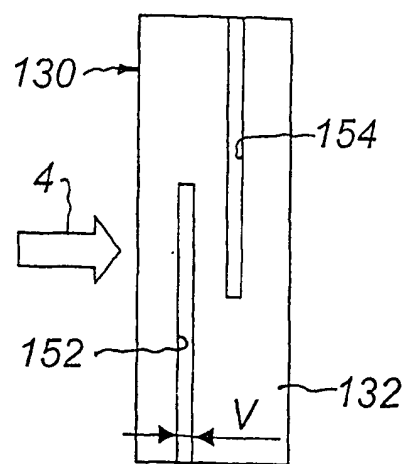


图 3b

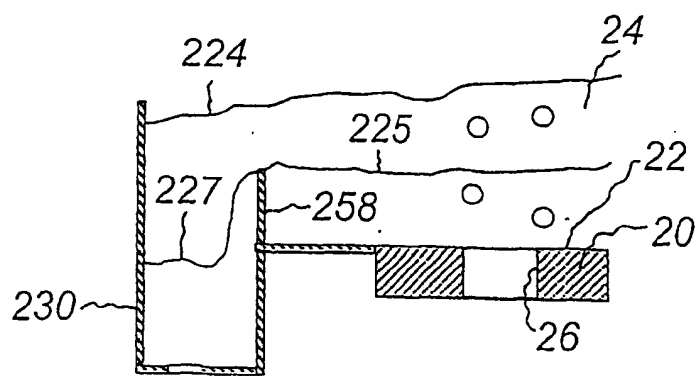


图 4a

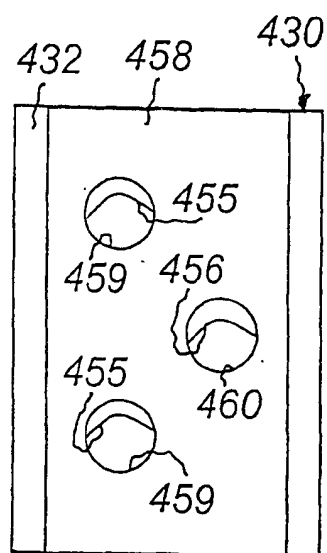


图 4b

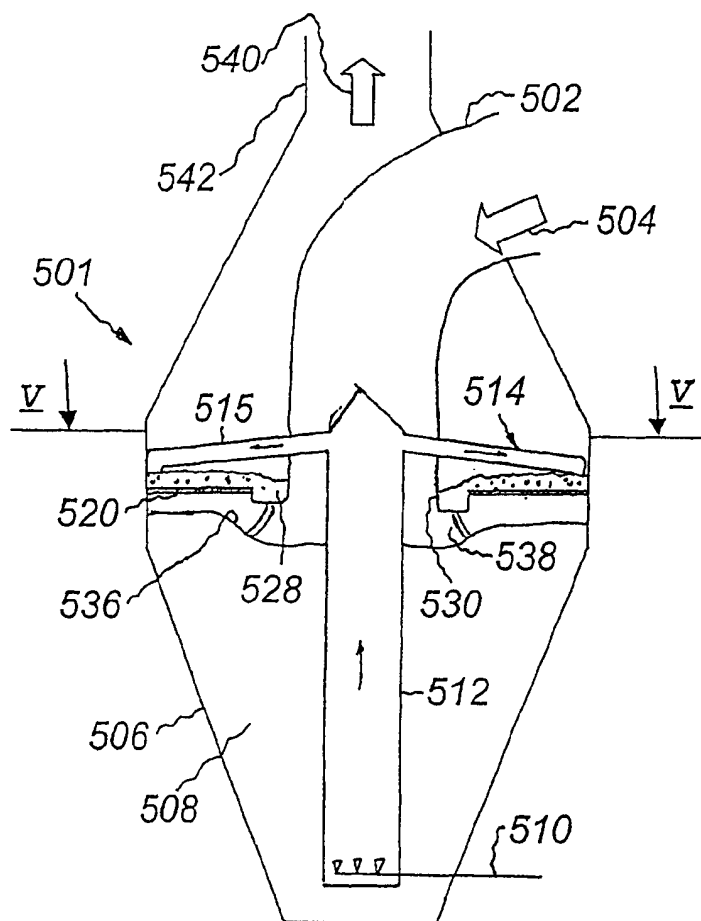
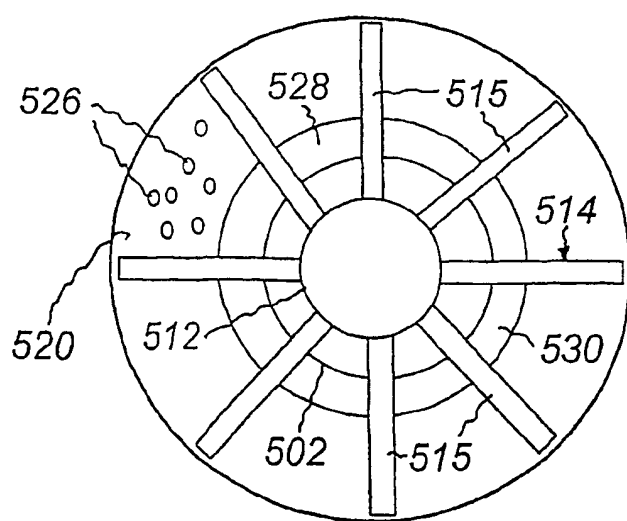


图 5a



V-V

图 5b

