



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104772029 A

(43) 申请公布日 2015.07.15

(21) 申请号 201510203638.X

(22) 申请日 2015.04.24

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 晏乃强 瞿赞 马永鹏

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 赵志远

(51) Int. Cl.

B01D 53/78(2006.01)

B01D 53/50(2006.01)

B01D 53/64(2006.01)

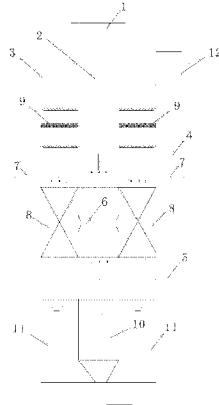
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种耦合双区式烟气汞高效回收装置及应用

(57) 摘要

本发明涉及一种耦合双区式烟气汞高效回收装置及应用，该装置包括进气口、进气烟道延伸筒、洗涤塔外筒、上下对冲式喷头、泡沫诱导环、环隙喷头、环隙填料区、除雾板、内吸收液储液腔、外吸收液储液腔及烟气出口。耦合双区式烟气汞高效回收装置可用于含有汞或二氧化硫的烟气净化及资源回收。与现有技术相比，本发明装置可以利用两个吸收区共同高效回收制酸烟气中高浓度重金属汞；同样也可以通过将该装置分成两个区域，对非制酸烟气进行分步脱硫除汞的高效净化。通过该装置的使用，可使含有不同浓度组分的含硫含汞烟气得到深度净化，满足日益严格的环保要求；净化也可有效的回收硫资源和汞资源，同时实现环境治理与经济效益。



1. 一种耦合双区式烟气汞高效回收装置,其特征在于,包括:

进气口(1):为烟气进入单元,

进气烟道延伸筒(2):与进气口(1)相连,对烟气自上而下进行导流,

洗涤塔外筒(3):套设在进气烟道延伸筒(2)外部,并与进气烟道延伸筒(2)围成环隙,且进气烟道延伸筒(2)底端与围合形成的环隙相连通,

上下对冲式喷头:包括间隔设置在进气烟道延伸筒(2)内部的同向顺流喷头(4)与逆向喷头(5),

泡沫诱导环(6):设置在同向顺流喷头(4)与逆向喷头(5)之间,

环隙填料区(8)、环隙喷头(7)、除雾板(9):由下向上顺序设置在进气烟道延伸筒(2)和洗涤塔外筒(3)围成的环隙内,

内吸收液储液腔(10):位于进气烟道延伸筒(2)的下方,

外吸收液储液腔(11):为内吸收液储液腔(10)与洗涤塔外筒(3)围成的环隙部分,

烟气出口(12):连接在洗涤塔外筒(3)的上端。

2. 根据权利要求1所述的一种耦合双区式烟气汞高效回收装置,其特征在于,所述的同向顺流喷头(4)与逆向喷头(5)之间的距离为0.8-2.5米,所述的泡沫诱导环(6)与逆向喷头(5)之间的距离为0.5-1.5米;所述的同向顺流喷头(4)喷射的液体量为逆向喷头(5)喷射量的50%-100%。

3. 根据权利要求1所述的一种耦合双区式烟气汞高效回收装置,其特征在于,所述的泡沫诱导环(6)形状为上下两端宽中间窄的渐缩及渐扩孔口的喉管结构,所述的泡沫诱导环(6)的竖向长度为0.3-0.5米,喉管竖向长度为0.1-0.3米;泡沫诱导环(6)的渐缩倾斜与进气烟道延伸筒(2)的内壁夹角≤20°;喉管截面积占总诱导环(6)截面积的70%-95%。

4. 根据权利要求1所述的一种耦合双区式烟气汞高效回收装置,其特征在于,所述的环隙喷头(7)位于进气烟道延伸筒(2)和洗涤塔外筒(3)围成的环隙中部,在环隙内均匀设置3-6组,自上而下进行喷淋;所述的环隙填料区(8)设置于环隙喷头(7)的下方,高度为0.3-1.5米。

5. 根据权利要求1所述的一种耦合双区式烟气汞高效回收装置,其特征在于,所述的内吸收液储液腔(10)上部为储液区,下部为用于排出清理沉淀物的漏斗状结构。

6. 根据权利要求1所述的一种耦合双区式烟气汞高效回收装置,其特征在于,所述的内吸收液储液腔(10)储存和循环使用上下对冲式喷头的喷淋液;所述的外吸收液储液腔(11)储存和循环使用环隙喷头(7)的喷淋液。

7. 一种如权利要求1所述的耦合双区式烟气汞高效回收装置的应用,其特征在于,将耦合双区式烟气汞高效回收装置用于含有汞或二氧化硫的烟气净化及资源回收,具体方法包括以下步骤:

第一步,烟气首先通过烟气进口(1)进入进气烟道延伸筒(2),烟气由上向下流入;

第二步,烟气在进气烟道延伸筒(2)的中部先与同向顺流喷头(4)喷射的高速液滴接触,对烟气中的污染物进行初步吸收,然后烟气与逆向喷头(5)喷射的液滴在泡沫诱导环(6)处相遇,产生明显的对冲效应,且在泡沫诱导环(6)的作用下进行导流和强化气液接触,喷淋液回落至内吸收液储液腔(10);

第三步，烟气从进气烟道延伸筒（2）的下部流出，转向上行，进入进气烟道延伸筒（2）外侧与洗涤塔外筒（3）组成的环隙，再经过布置在环隙中的环隙填料区（8），与环隙喷头（7）喷射的喷淋液接触，使烟气得到进一步净化处理，各种污染物达到排放指标要求，喷淋液落回至外吸收液储液腔（11）；

第四步，烟气继而上行至除雾板（9），经过高效去除净烟气中的雾滴后，雾滴及吸收液落回至外吸收液储液腔（11），形成可直接排放的净烟气或用作制酸烟气从出口（12）排出。

8. 根据权利要求 7 所述的一种耦合双区式烟气汞高效回收装置的应用，其特征在于，若烟气是含高汞高硫的除汞制酸烟气，在第二步中储存在内吸收液储液腔（10）中的吸收液经过沉淀后，沉淀物经过下部的漏斗区排出，上部的澄清液循环至同向顺流喷头（4）与逆向喷头（5）进行喷淋洗涤；若烟气是需同时脱硫除汞的烟气，在第二步中储存在内吸收液储液腔（10）中的吸收液循环进行喷淋净化，当吸收液中酸浓度达到一定时，从下部的漏斗区排出一部分，并补充新鲜吸收液。

9. 根据权利要求 8 所述的一种耦合双区式烟气汞高效回收装置的应用，其特征在于，所述的含高汞高硫的除汞制酸烟气是指二氧化硫浓度高于 3% 的所有含汞烟气。

10. 根据权利要求 8 所述的一种耦合双区式烟气汞高效回收装置的应用，其特征在于，所述的需同时脱硫除汞的烟气是指二氧化硫浓度低于 3% 的所有含汞烟气。

一种耦合双区式烟气汞高效回收装置及应用

技术领域

[0001] 本发明涉及烟气汞回收装置，尤其是涉及一种耦合双区式烟气汞高效回收装置及应用，属于环境保护技术领域。

背景技术

[0002] 汞作为一种有毒有害污染物，已经得到了越来越多的认识。2013年联合国政府间谈判最终通过了一项具有法律约束力的关于汞的国际公约。国际社会对汞污染排放与控制的关注达到一个新的高度。在众多汞排放源中，含有二氧化硫的含汞烟气排放量占很大比重，且二氧化硫浓度变化差异均较大。同时，汞虽然是污染物，同时也是一种稀有资源，在冶炼、仪器制造、化学工业、医药工业和原子能工业等领域都有广泛应用。因此，针对含硫和高汞烟气的特点，宜采用以回收为主的除汞技术。这样，既可以有效控制烟气中汞的排放，又能实现对烟气汞的资源化利用。

[0003] 针对高浓度含汞烟气的治理，国内外一般采用冷凝法、吸附法和吸收法等几种方法。其中冷凝法除汞即通过特定冷凝装置将烟气中的汞集中冷却，由于汞的饱和蒸气压急剧下降会从烟气中冷凝出来，从而达到与烟气分离的目的。但是，该方法除汞效率偏低，且能耗较大，一般只作为烟气预除汞方法。吸附法主要利用硒过滤器或碳过滤器对烟气中的汞进行吸附，然而硒过滤器和碳过滤器的吸附容量一般仅为自身重量的10-15%，因此一般仅适合处理含汞量较低的烟气。对含汞的烟气除汞方法大都为吸收法，其中比较有代表性的是氯化汞吸收法（波立登-诺辛克吸收法）。该方法的实质是以氯化汞溶液为吸收剂，对烟气中的零价汞进行吸收，并将其转化为难溶于水的氯化亚汞（甘汞），氯化亚汞经沉淀后可作为产品进行回收。目前，氯化汞吸收法是最有效烟气汞回收工艺之一，在冶金领域占有重要地位。然而，该工艺同样存在一些问题：由于烟气中含有一定浓度的二氧化硫，对汞盐的吸收效率影响较大，该技术中采用加氯离子来抑制二氧化硫的影响，但由于氯离子的存在本身也会降低汞的吸收效率，且溶液对烟气汞的吸收效率随着溶液中的亚汞产物的累计而迅速下降。另一方面，要使亚汞能够很好的以沉淀形式分离，则要求其具有较高累计浓度。这就造成了工艺上的不匹配。

[0004] 另外，对于非制酸含硫含汞烟气，则希望在一套洗涤系统中，能够同时实现脱汞脱硫的目的。然而，由于二氧化硫的吸收对汞的吸收有抑制作用，且为了脱汞所添加的一些氧化剂又容易被二氧化硫产物所消耗，这样也会造成同时脱硫脱汞技术工艺上的不匹配。

[0005] 因此研究高效脱硫除汞并回收资源的新技术及一体化新装置非常必要。

发明内容

[0006] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种耦合双区式烟气汞高效回收装置及应用。

[0007] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现：

[0008] 一种耦合双区式烟气汞高效回收装置，包括进气口、进气烟道延伸筒、洗涤塔外

筒、上下对冲式喷头、泡沫诱导环、环隙喷头、环隙填料区、除雾板、内吸收液储液腔、外吸收液储液腔及烟气出口。其中，进气口为烟气进入单元，进气烟道延伸筒与进气口相连，对烟气自上而下进行导流，洗涤塔外筒套设在进气烟道延伸筒外部，并与进气烟道延伸筒围成环隙，且进气烟道延伸筒底端与围合形成的环隙相连通，上下对冲式喷头包括间隔设置在进气烟道延伸筒内部的同向顺流喷头与逆向喷头，泡沫诱导环设置在同向顺流喷头与逆向喷头之间，环隙填料区、环隙喷头、除雾板由下向上顺序设置在进气烟道延伸筒和洗涤塔外筒围成的环隙内，内吸收液储液腔位于进气烟道延伸筒的下方，外吸收液储液腔为内吸收液储液腔与洗涤塔外筒围成的环隙部分，烟气出口连接在洗涤塔外筒的上端。

[0009] 优选地，所述的同向顺流喷头与逆向喷头之间的距离为0.8-2.5米，所述的泡沫诱导环与逆向喷头之间的距离为0.5-1.5米；所述的同向顺流喷头喷射的液体量为逆向喷头喷射量的50%-100%。

[0010] 优选地，所述的泡沫诱导环形状为上下两端宽中间窄的渐缩及渐扩孔口的喉管结构，所述的泡沫诱导环的竖向长度为0.3-0.5米，喉管竖向长度为0.1-0.3米；泡沫诱导环的渐缩倾斜与进气烟道延伸筒的内壁夹角≤20°；喉管截面积占总诱导环截面积的70%-95%。

[0011] 优选地，所述的泡沫诱导环由包括陶瓷或不锈钢在内的耐磨材料制成。

[0012] 优选地，所述的环隙喷头位于进气烟道延伸筒和洗涤塔外筒围成的环隙中部，在环隙内均匀设置3-6组，自上而下进行喷淋；所述的环隙填料区设置于环隙喷头的下方，高度为0.3-1.5米。

[0013] 优选地，所述的内吸收液储液腔上部为储液区，下部为用于排出清理沉淀物的漏斗状结构。

[0014] 所述的内吸收液储液腔储存和循环使用上下对冲式喷头的喷淋液；所述的外吸收液储液腔储存和循环使用环隙喷头的喷淋液。

[0015] 将耦合双区式烟气汞高效回收装置用于含有汞或二氧化硫的烟气净化及资源回收，具体方法包括以下步骤：

[0016] 第一步，烟气首先通过烟气进口进入进气烟道延伸筒，烟气由上向下流入；

[0017] 第二步，烟气在进气烟道延伸筒的中部先与同向顺流喷头喷射的高速液滴接触，对烟气中的污染物进行初步吸收，同时通过同向顺流喷头的微增压作用减少阻力损失，然后烟气与逆向喷头喷射的液滴在泡沫诱导环处相遇，产生明显的对冲效应，且在泡沫诱导环的作用下进行导流和强化气液接触，从而有利于烟气污染物的吸收去除，喷淋液回落至内吸收液储液腔；

[0018] 第三步，烟气从进气烟道延伸筒的下部流出，转向上行，进入进气烟道延伸筒外侧与洗涤塔外筒组成的环隙，再经过布置在环隙中的环隙填料区，与环隙喷头喷射的喷淋液接触，使烟气得到进一步净化处理，各种污染物达到排放指标要求，喷淋液落回至外吸收液储液腔；

[0019] 第四步，烟气继而上行至除雾板，经过高效去除净烟气中的雾滴后，雾滴及吸收液落回至外吸收液储液腔，形成可直接排放的净烟气或用作制酸烟气从出口排出。

[0020] 若烟气是含高汞高硫的除汞制酸烟气，在第二步中储存在内吸收液储液腔中的吸收液经过沉淀后，沉淀物经过下部的漏斗区排出，上部的澄清液循环至同向顺流喷头与逆

向喷头进行喷淋洗涤；若烟气是需同时脱硫除汞的烟气，在第二步中储存在内吸收液储液腔中的吸收液循环进行喷淋净化，当吸收液中酸浓度达到一定时，从下部的漏斗区排出一部分，并补充新鲜吸收液。

[0021] 所述的含高汞高硫的除汞制酸烟气是指二氧化硫浓度高于3%的所有含汞烟气，尤其适用于含汞浓度高于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 的高硫烟气。

[0022] 所述的需同时脱硫除汞的烟气是指二氧化硫浓度低于3%的所有含汞烟气。

[0023] 与现有技术相比，本发明装置可以利用两个吸收区共同高效回收制酸烟气中高浓度重金属汞；同样也可以通过将该装置分成两个区域，对非制酸烟气进行分步脱硫除汞的高效净化。通过该装置的使用，可使含有不同浓度组分的含硫含汞烟气得到深度净化，满足日益严格的环保要求；净化也可有效的回收硫资源和汞资源，同时实现环境治理与经济效益。具体而言，本发明具有以下优点及有益效果：

[0024] 1、本发明利用耦合双区式烟气汞高效回收装置将吸收区分为两个部分，可适应不同条件的烟气净化处理；针对汞盐溶液吸收除汞方法，该装置可避免二氧化硫对其影响；

[0025] 2、本发明利用分区净化的原理，可使烟气中污染组分分别得到净化，并高效分离回收硫和汞资源；

[0026] 3、本发明将设备各部分设置在同一洗涤塔内，设备更加紧凑，占地面积更小，与同类技术相比可明显节约建设成本和运行成本。

附图说明

[0027] 图1为本发明耦合双区式烟气汞高效回收装置的结构示意图。

[0028] 图中，1、进气口；2、进气烟道延伸筒；3、洗涤塔外筒；4、同向顺流喷头；5、逆向喷头；6、泡沫诱导环；7、环隙喷头；8、环隙填料区；9、除雾板；10、内吸收液储液腔；11、外吸收液储液腔；12、烟气出口。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0030] 实施例 1

[0031] 一种耦合双区式烟气汞高效回收装置，如图1所示，包括进气口1、进气烟道延伸筒2、洗涤塔外筒3、上下对冲式喷头、泡沫诱导环6、环隙喷头7、环隙填料区8、除雾板9、内吸收液储液腔10、外吸收液储液腔11及烟气出口12。其中，进气口1为烟气进入单元，进气烟道延伸筒2与进气口2相连，对烟气自上而下进行导流，洗涤塔外筒3套设在进气烟道延伸筒2外部，并与进气烟道延伸筒2围成环隙，且进气烟道延伸筒2底端与围合形成的环隙相连通，上下对冲式喷头包括间隔设置在进气烟道延伸筒2内部的同向顺流喷头4与逆向喷头5，同向顺流喷头4与逆向喷头5之间的距离为0.8-2.5米，同向顺流喷头4喷射的液体量为逆向喷头5喷射量的50%-100%。泡沫诱导环6设置在同向顺流喷头4与逆向喷头5之间，泡沫诱导环6与逆向喷头5之间的距离为0.5-1.5米；泡沫诱导环6形状为上下两端宽中间窄的渐缩及渐扩孔口的喉管结构，泡沫诱导环6的竖向长度为0.3-0.5米，喉管竖向长度为0.1-0.3米；泡沫诱导环6的渐缩倾斜与进气烟道延伸筒2的内壁夹角 $\leq 20^\circ$ ；喉管截面积占总诱导环6截面积的70%-95%。泡沫诱导环6由包括陶瓷或不锈钢在内的

耐磨材料制成。环隙填料区 8、环隙喷头 7、除雾板 9 由下向上顺序设置在进气烟道延伸筒 2 和洗涤塔外筒 3 围成的环隙内，环隙喷头 7 位于进气烟道延伸筒 2 和洗涤塔外筒 3 围成的环隙中部，在环隙内均匀设置 3-6 组，自上而下进行喷淋；环隙填料区 8 设置于环隙喷头 7 的下方，高度为 0.3-1.5 米。内吸收液储液腔 10 位于进气烟道延伸筒 2 的下方，内吸收液储液腔 10 上部为储液区，下部为用于排出清理沉淀物的漏斗状结构，内吸收液储液腔 10 储存和循环使用上下对冲式喷头的喷淋液；外吸收液储液腔 11 为内吸收液储液腔 10 与洗涤塔外筒 3 围成的环隙部分，外吸收液储液腔 11 储存和循环使用环隙喷头 7 的喷淋液。烟气出口 12 连接在洗涤塔外筒 3 的上端。

[0032] 将耦合双区式烟气汞高效回收装置用于含有汞或二氧化硫的烟气净化及资源回收，具体方法包括以下步骤：

[0033] 第一步，烟气首先通过烟气进口（1）进入进气烟道延伸筒（2），烟气由上向下流入；

[0034] 第二步，烟气在进气烟道延伸筒（2）的中部先与同向顺流喷头（4）喷射的高速液滴接触，对烟气中的污染物进行初步吸收，同时通过同向顺流喷头（4）的微增压作用减少阻力损失，然后烟气与逆向喷头（5）喷射的液滴在泡沫诱导环（6）处相遇，产生明显的对冲效应，且在泡沫诱导环（6）的作用下进行导流和强化气液接触，从而有利于烟气污染物的吸收去除，喷淋液回落至内吸收液储液腔（10）；

[0035] 第三步，烟气从进气烟道延伸筒（2）的下部流出，转向上行，进入进气烟道延伸筒（2）外侧与洗涤塔外筒（3）组成的环隙，再经过布置在环隙中的环隙填料区（8），与环隙喷头（7）喷射的喷淋液接触，使烟气得到进一步净化处理，各种污染物达到排放指标要求，喷淋液落回至外吸收液储液腔（11）；

[0036] 第四步，烟气继而上行至除雾板（9），经过高效去除净烟气中的雾滴后，雾滴及吸收液落回至外吸收液储液腔（11），形成可直接排放的净烟气或用作制酸烟气从出口（12）排出。

[0037] 若烟气是含高汞高硫的除汞制酸烟气，在第二步中储存在内吸收液储液腔（10）中的吸收液经过沉淀后，沉淀物经过下部的漏斗区排出，上部的澄清液循环至同向顺流喷头（4）与逆向喷头（5）进行喷淋洗涤；若烟气是需同时脱硫除汞的烟气，在第二步中储存在内吸收液储液腔（10）中的吸收液循环进行喷淋净化，当吸收液中酸浓度达到一定时，从下部的漏斗区排出一部分，并补充新鲜吸收液。

[0038] 含高汞高硫的除汞制酸烟气是指二氧化硫浓度高于 3% 的所有含汞烟气，尤其适用于含汞浓度高于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 的高硫烟气。需同时脱硫除汞的烟气是指二氧化硫浓度低于 3% 的所有含汞烟气。

[0039] 实施例 2

[0040] 利用一外筒半径为 600mm，内筒半径为 300mm 的同心不锈钢筒体，按图 1 所示搭建耦合双区式烟气汞高效回收装置作为试验装置。试验所用烟气为含有高浓度二氧化硫及高浓度汞的有色金属冶炼除汞制酸烟气，烟气量为 $100\text{m}^3/\text{h}$ ，烟气温度为 40°C ，入口烟气二氧化硫浓度体积分数为 4% -6%，零价汞浓度为 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。洗涤塔内筒设置为近饱和吸收区，吸收液为循环吸收烟气后的氯化汞及甘汞混合液，汞的饱和分压较高，除汞效率不高；外筒环隙设置为贫液吸收区，吸收液主要为“新鲜”的氯化汞溶液，甘汞含量很少，处于远未饱和

的状态,对烟气汞的吸收效率较高。烟气先经过近饱和吸收区,依靠较高的汞浓度差作为推动力,使烟气中的汞向溶液中转移,促使氯化汞向甘汞的转化率进一步提高,并增浓溶液中的甘汞浓度,从而不断的使其结晶和沉降,从洗涤塔中排出。然后烟气再进入贫液吸收区对大部分汞进行去除转化为甘汞,随着贫液区中的溶液的循环,甘汞逐渐增多,可将一部分循环液输送到近饱和区,并在贫液区补充“新鲜”的氯化汞溶液。检测的尾气中 SO_2 损失量较小,不影响后续的制酸工段;烟气中零价汞去除率达到 95% 以上,甘汞回收率也在 90% 以上,能够达到烟气排放标准要求。

[0041] 实施例 3

[0042] 采用与实施例 1 相同的结构处理含有低浓度二氧化硫的含汞烟气,要求对烟气进行同时脱硫除汞。设计烟气量为 $300\text{Nm}^3/\text{h}$,烟气温度为 40°C ,入口烟气二氧化硫浓度体积分数达 1%,零价汞浓度为 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。洗涤塔内筒设置为二氧化硫吸收区,吸收液为循环使用的硫酸铁溶液或者过氧化氢溶液;外筒环隙设置为零价汞吸收区,吸收液为氯化汞或硫酸汞溶液。烟气先经过内筒二氧化硫吸收区进行脱硫处理,然后再进入外筒环隙的汞吸收区对大部分汞进行去除。根据检测结果发现,二氧化硫吸收区使用硫酸铁溶液脱硫效率为 90%,使用过氧化氢时脱硫效率为 99%。脱硫后的烟气进行除汞,氯化汞除汞效率 95% 以上,硫酸汞除汞效率在 98% 以上。由此可见,使用该耦合双区式烟气汞高效回收装置可以有效净化含硫含汞烟气,且能够回收汞及稀酸等可利用资源。

[0043] 上述的对实施例的描述是为便于该技术领域的普通技术人员能理解和使用发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对这些实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于上述实施例,本领域技术人员根据本发明的揭示,不脱离本发明范畴所做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

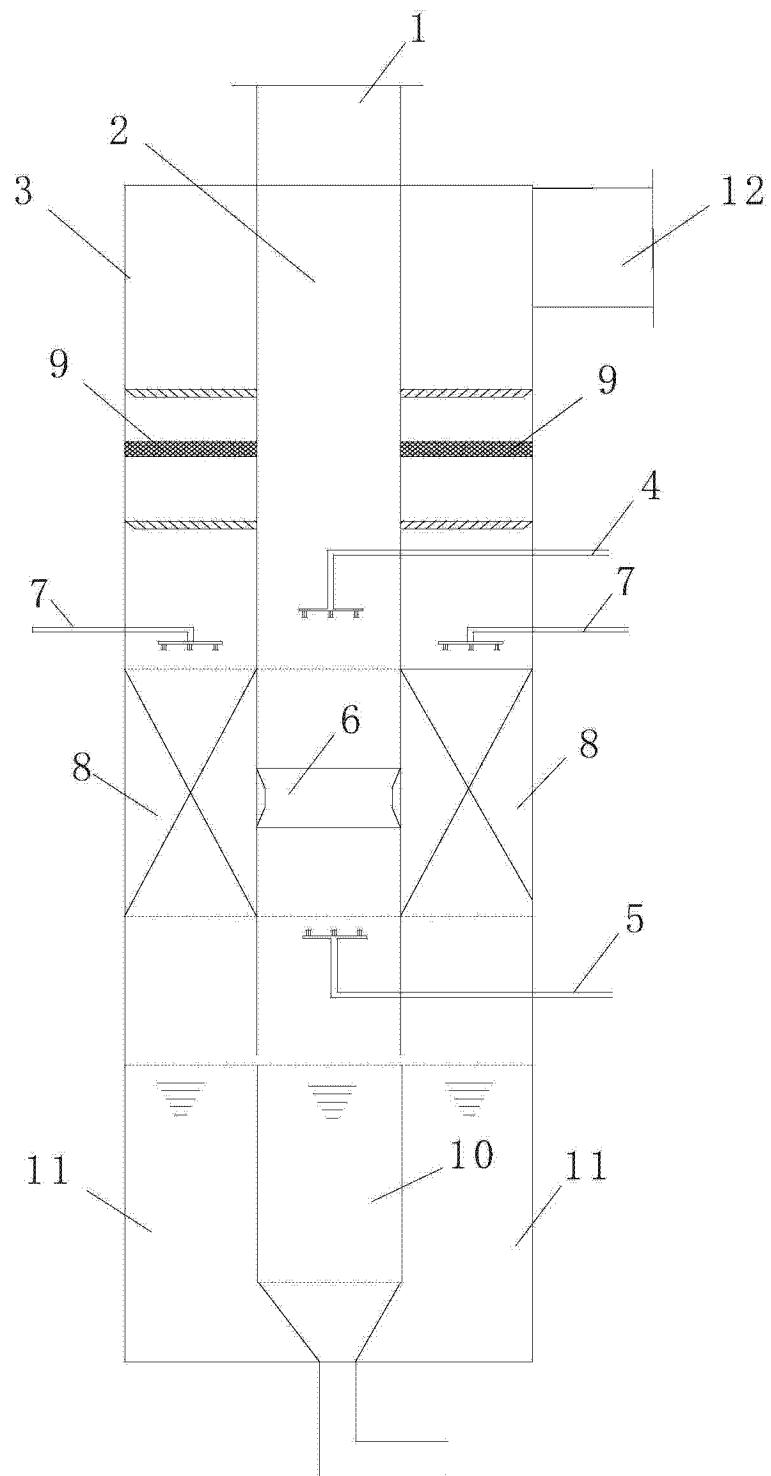


图 1