



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104474879 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201410654298.8

(22)申请日 2014.11.17

(73)专利权人 江苏大学

地址 211215 江苏省南京市溧水经济开发区柘宁东路368号

(72)发明人 刘杨先

(74)专利代理机构 南京知识律师事务所 32207

代理人 卢亚丽

(51)Int.Cl.

B01D 53/83(2006.01)

B01D 53/60(2006.01)

B01D 53/64(2006.01)

B01D 53/06(2006.01)

审查员 徐习岭

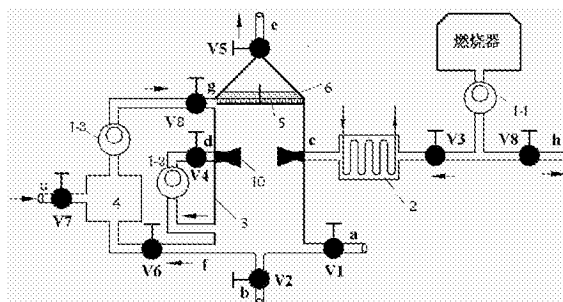
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种基于草木灰的双撞击床脱硫脱硝脱汞的方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于草木灰的双撞击床脱硫脱硝脱汞的方法,来自燃烧器含SO₂、NO_x和汞的烟气经过烟气调温器冷却后由拉瓦尔喷管喷入撞击床反应器,草木灰吸附剂则由同轴对向布置的拉瓦尔喷管喷入撞击床反应器,两股气流在反应器内发生对向撞击并实现SO₂、NO_x和汞的吸附脱除;所述的撞击床反应器对称布置,当左边的撞击床反应器再生时,来自燃烧器的烟气将自动切换流入右边的撞击床反应器;两个撞击床反应器相互交叉使用和再生。该方法利用生物质燃烧废弃物同时脱硫脱硝脱汞,可实现以废治废,且脱除过程无二次污染,是一种具有广阔应用前景的烟气净化方法及装置。



1. 一种基于草木灰的双撞击床脱硫脱硝脱汞的方法,其特征在于,来自燃烧器含SO₂、NO_x和汞的烟气经过烟气调温器冷却后由拉瓦尔喷管喷入撞击床反应器,草木灰吸附剂则由同轴对向布置的拉瓦尔喷管喷入撞击床反应器,两股气流在反应器内发生对向撞击并实现SO₂、NO_x和汞的吸附脱除;所述的撞击床反应器对称布置,当左边的撞击床反应器再生时,来自燃烧器的烟气将自动切换流入右边的撞击床反应器;两个撞击床反应器相互交叉使用和再生;所述的草木灰吸附剂由撞击床反应器的入口a添加,并由撞击床反应器的出口b排出;燃烧器设有两个烟气出口,两个烟气出口上分别设有用于切换烟气的流动方向的阀门V3和阀门V8,主烟道上设有风机一为烟气流动提供动力;烟气经过烟气调温器调温后由撞击床反应器的入口c通入拉瓦尔喷管喷入撞击床反应器,草木灰吸附剂经撞击床反应器的入口d由风机二通过同轴对向布置的拉瓦尔喷管喷入撞击床反应器,两股气流在撞击床反应器内发生对向撞击并实现SO₂、NO_x和汞的吸附脱除。

2. 根据权利要求1所述的一种基于草木灰的双撞击床脱硫脱硝脱汞的方法,其特征在于:净化后的洁净烟气通过撞击床反应器顶部的旋转刮灰器和砂芯分离板后由撞击床反应器的出口e通入烟囱并排入大气;吸附饱和后的草木灰吸附剂通过撞击床反应器的出口f由风机三吸入分离器再生后,再由撞击床反应器的入口g通入反应器循环使用;分离器入口u通入氮气冲洗并携带草木灰吸附剂上的SO₂、NO_x和汞。

3. 根据权利要求2所述的一种基于草木灰的双撞击床脱硫脱硝脱汞的方法,其特征在于:采用的草木灰吸附剂是由锅炉、农村土灶或露天燃烧的植物秸秆或壳制取的灰;所述的植物秸秆或壳包括水稻、小麦、玉米、棉花、树木的秸秆或壳中的一种或多种的混合物;所述草木灰吸附剂的投加量可按反应器体积的每立方米投加2kg-9kg。

4. 根据权利要求3所述的一种基于草木灰的双撞击床脱硫脱硝脱汞的方法,其特征在于:来自燃烧器的烟气温度应当由烟气调温器降温到50℃-120℃。

5. 根据权利要求3所述的一种基于草木灰的双撞击床脱硫脱硝脱汞的方法,其特征在于:来自燃烧器烟气中SO₂、NO_x和汞的入口浓度分别不大于5000ppm、2000ppm和300μg/m³。

6. 根据权利要求3所述的一种基于草木灰的双撞击床脱硫脱硝脱汞的方法,其特征在于:所述的分离器是一种膜式气体分离器,膜材料由聚酰胺类、聚酸亚胺类、聚砜类、聚乙烯酸类、丙烯类衍生物聚合物及纤维素类材料中的一种或多种复合制成。

一种基于草木灰的双撞击床脱硫脱硝脱汞的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及燃烧烟气污染物控制领域,具体涉及一种基于草木灰的双撞击床脱硫脱硝脱汞的方法。

背景技术

[0002] 燃烧过程中产生的硫氧化物、氮氧化物以及汞能够引起酸雨、光化学烟雾以及致癌和致畸等严重危害。因此,研发有效的烟气脱硫脱硝脱汞方法是各国环保科技人员的重要任务之一。

[0003] 近些年来,尽管人们开发了大量的烟气脱硫脱硝脱汞技术,但由于人类认识过程的局限性和科学技术发展的渐进性,现有的各种脱硫脱硝脱汞技术在研发当初仅针对单一污染物为脱除目标,一般无法实现烟气多污染物的同时脱除。例如,目前应用较多的烟气脱硫脱硝技术主要为湿法石灰石-石膏法烟气脱硫技术和氨选择性催化还原法。这两种方法虽然可以分别单独脱硫脱硝,但均无法在一个反应器内实现同时脱除。两种工艺的联合叠加使用虽然可以实现同时脱硫脱硝,但同时也具有整个系统复杂,占地面积大,投资和运行成本高等不足。

[0004] 另外,随着人类对环保要求的不断提高,针对烟气中汞排放控制的法律法规也逐渐出台,但目前还没有一种经济有效的烟气脱汞技术获得大规模商业应用。如果在现有的脱硫和脱硝系统尾部再次增加单独的烟气脱汞系统,则势必将造成整个系统的初始投资和运行费用进一步急剧增加,最终很难在发展中国家获得大规模商业应用。

[0005] 综上所述,如果能够在在一个反应器内将硫氧化物、氮氧化物和汞实现同时脱除,则有望大大降低系统的复杂性和占地面积,进而减少系统的投资与运行费用。吸附法烟气净化技术是一种传统的烟气处理技术,具有初投资小、工艺流程简单和易于实现多污染物同时脱除等特点,是一种具有良好开发和应用前景的烟气净化技术,但传统的吸附法烟气净化技术的研究进展却一直相对缓慢,其主要原因有三个:首先,现有的成熟吸附剂,例如活性炭,应用成本极高,难以实现大规模工业化应用;其次,目前研究的绝大部分新型吸附剂普遍存在成本高、稳定性差和多污染物脱除能力差等不足;再次,目前用于吸附剂吸附的反应器主要有固定床和流化床反应器两种,两种反应器的传质速率都很小。然而,许多研究表明,气固反应过程的主要速率控制步骤是传质过程。因此,开发低成本、稳定性好和具有多污染物吸附能力的脱除方法和具有高效传质速率的气固吸附反应器是解决该问题的关键之一。

发明内容

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明提供一种基于草木灰的双撞击床脱硫脱硝脱汞方法,所述的方法是采用生物质燃烧废弃物草木灰作为脱硫脱硝脱汞吸附剂,在双撞击床反应器中吸附、硫、硝及汞,在分离器中回收硫、氮、汞资源并再生吸附剂。该方法利用生物质燃烧废弃物同时脱硫脱硝脱汞,可实现以废治废,且脱除过程无二次污染,是一种具有广阔

应用前景的烟气净化方法。

[0007] 本发明的脱除过程原理：

[0008] 以水稻秸秆制取的草木灰吸附剂为代表，采用扫描电镜(SEM)、X射线衍射仪(XRD)、X射线荧光光谱(XRF)和氮吸附法分别测定了吸附剂的表面形貌特征、主要成分及含量以及吸附剂的比表面积和孔径分布等关键物理和化学参数，并初步考察了吸附剂的吸附性能，结果由图1、图2和图7、图8所示。

[0009] 结果表明，水稻秸秆制取的草木灰吸附剂主要成分是 K_2CO_3 、 $CaCO_3$ 、 SiO_2 、 MgO 和 Al_2O_3 等碱金属盐和金属氧化物，这些成分都是良好的 SO_2 、 NO_x 和汞的吸附材料。因此，采用草木灰吸附剂在技术方法和原理上具有可行性。

[0010] 为实现以上目的，本发明采用的实施方案如下：

[0011] 来自燃烧器含 SO_2 、 NO_x 和汞的烟气经过烟气调温器冷却后由拉瓦尔喷管喷入撞击床反应器，草木灰吸附剂则由同轴对向布置的拉瓦尔喷管喷入撞击床反应器，两股气流在反应器内发生对向撞击并实现 SO_2 、 NO_x 和汞的吸附脱除；双撞击床反应器是由两个完全相同的撞击床反应器构成，当其中一台作为吸附床吸附脱除 SO_2 、 NO_x 和汞时，另外一台则主要用于再生吸附剂和回收硫、氮、汞资源。两个反应器相互交叉使用和再生，从而可实现整个吸附脱除过程连续进行。

[0012] 所述的草木灰吸附剂由撞击床反应器的入口a添加，并由撞击床反应器的出口b排出；燃烧器设有两个烟气出口，两个烟气出口上分别设有用于切换烟气的流动方向的阀门V3和阀门V8，主烟道上设有风机一为烟气流动提供动力；烟气经过烟气调温器调温后由撞击床反应器的入口c通入拉瓦尔喷管喷入撞击床反应器，草木灰吸附剂经撞击床反应器的入口d由风机二通过同轴对向布置的拉瓦尔喷管喷入撞击床反应器，两股气流在撞击床反应器内发生对向撞击并实现 SO_2 、 NO_x 和汞的吸附脱除。

[0013] 净化后的洁净烟气通过撞击床反应器顶部的旋转刮灰器和砂芯分离板后由撞击床反应器的出口e通入烟囱并排入大气；吸附饱和后的草木灰吸附剂通过撞击床反应器的出口f由风机三吸入分离器再生后，再由撞击床反应器的入口g通入反应器循环使用；分离器入口u通入氮气冲洗并携带草木灰吸附剂上的 SO_2 、 NO_x 和汞。

[0014] 采用的草木灰吸附剂是由锅炉、农村土灶或露天燃烧的植物秸秆或壳制取的灰；所述的植物秸秆或壳包括水稻、小麦、玉米、棉花、树木的秸秆或壳中的一种或多种的混合物；所述吸附剂的投加量可按反应器体积的每立方米投加2kg-9kg。

[0015] 来自燃烧器的烟气温度应当由烟气调温器降温到 $50^{\circ}C$ - $120^{\circ}C$ 。

[0016] 来自燃烧器烟气中 SO_2 、 NO_x 和汞的入口浓度分别不大于5000ppm、2000ppm和 $300\mu g/m^3$ 。

[0017] 所述的分离器是一种膜式气体分离器，膜材料由聚酰胺类、聚酸亚胺类、聚砜类、聚乙烯酸类、丙烯类衍生物聚合物及纤维素类等材料中的一种或多种复合制成。

[0018] 本发明的优点及显著效果：

[0019] 本发明的方法是采用生物质燃烧废弃物草木灰作为脱硫脱硝脱汞吸附剂，在双撞击床反应器中吸附、硫、硝及汞，撞击床反应器具有极高的传质效率。该方法利用生物质燃烧废弃物同时脱硫脱硝脱汞，可实现以废治废，且具有应用成本低和脱除过程无二次污染等优点，是一种具有广阔应用前景的烟气净化方法及装置。

附图说明

- [0020] 图1.草木灰吸附剂的扫描电镜(SEM)图。
- [0021] 图2.草木灰吸附剂的X射线衍射仪(XRD)图。
- [0022] 图3是本发明系统及装置的工艺流程图(只含一个撞击床反应器)。
- [0023] 图4是本发明双撞击床反应器的总体布置图(含两个撞击床反应器)。
- [0024] 图5a是本发明中砂芯分离板和旋转刮灰板的俯视图。
- [0025] 图5b是本发明中砂芯分离板与旋转刮灰板的主视图。
- [0026] 图6是本发明撞击床反应器喷管布置的示意图。
- [0027] 图7草木灰吸附剂采用X射线荧光光谱(XRF)测试的成分和含量的分析结果。
- [0028] 图8草木灰吸附剂采用的氮吸附法测试的比表面积和孔径结果。

具体实施方式

- [0029] 下面结合附图,对本发明的具体实施方式作进一步的说明。
- [0030] 如图3-4所示,本发明采用生物质燃烧废弃物草木灰作为脱硫脱硝脱汞吸附剂,在双撞击床反应器中吸附硫、硝及汞;在分离器4中回收硫、氮、汞资源并再生吸附剂。
- [0031] 按照撞击床反应器3的体积将2kg-9kg/每立方米的草木灰吸附剂由撞击床反应器入口a添加,入口a上设有阀门V1,并由撞击床反应器出口b排出,出口b上设有阀门V2。燃烧器设有两个烟气出口,两个烟气出口上分别设有阀门V3和阀门V8,用于切换烟气的流动方向,主烟道上设有风机一1-1为烟气流动提供动力。
- [0032] 烟气经过烟气调温器2调到50°C-120°C后由撞击床反应器入口c通入拉瓦尔喷管10喷入撞击床反应器3,草木灰吸附剂经撞击床反应器入口d通过风机二1-2引入同轴对向布置的拉瓦尔喷管10喷入撞击床反应器3,两股气流在撞击床反应器3内发生对向撞击并实现SO₂、NO_x和汞的吸附脱除。
- [0033] 净化后的洁净烟气通过撞击床反应器3顶部的旋转刮灰器5和砂芯分离板6后通入烟囱经过阀门V5并排入大气。吸附饱和后的草木灰吸附剂由撞击床反应器出口f由风机三1-3吸入分离器4再生后,再由撞击床反应器入口g通入撞击床反应器3中循环使用。
- [0034] 分离器入口u用于通入氮气冲洗并携带草木灰吸附剂上的SO₂、NO_x和汞。双撞击床反应器是由两个完全相同的撞击床反应器3构成,当其中一台作为吸附床吸附脱除SO₂、NO_x和汞时,另外一台则主要用于再生吸附剂和回收硫、氮、汞资源。两个撞击床反应器3相互交叉使用和再生,从而可实现整个吸附过程连续进行。
- [0035] 撞击床反应器3顶部设有砂芯分离板6,主要用于实现吸附剂和烟气的分离,砂芯分离板的平均孔径要求小于30微米,以防止吸附剂随烟气逃逸。如图5a和图5b所示,砂芯分离板6下部设有旋转刮灰器5,旋转刮灰器5由一字毛刷5-2和驱动轴5-1构成,可由电动机驱动旋转,主要用于刮除砂芯分离板下部积累的吸附剂,防止堵塞。
- [0036] 如图6所示,撞击床反应器3内垂直设置多层拉瓦尔喷管10,同一层的拉瓦尔喷管10同轴相对设置,相邻层的拉瓦尔喷管10的相对垂直布置。
- [0037] 下面是不同的试验条件下,该装置对于SO₂、NO_x和汞的脱除效率的试验的实施例。
- [0038] 实施例1.烟气中的SO₂、NO_x与Hg⁰浓度分别为2000ppm,400ppm以及50ug/m³,烟气温

度为75℃,草木灰吸附剂浓度为4kg/每立方米反应器。在小型实验系统上的试验结果为:烟气中SO₂、NO_x与Hg⁰的同时脱除效率可分别达到80.1%,65.3%和97.8%。

[0039] 实施例2.烟气中的SO₂、NO_x与Hg⁰浓度分别为2000ppm,400ppm以及50ug/m³,烟气温度为55℃,草木灰吸附剂浓度为6kg/每立方米反应器。在小型实验系统上的试验结果为:烟气中SO₂、NO_x与Hg⁰的同时脱除效率可分别达到87.6%,74.3%和100%。

[0040] 实施例3.烟气中的SO₂、NO_x与Hg⁰浓度分别为2000ppm,400ppm以及50ug/m³,烟气温度为55℃,草木灰吸附剂浓度为9kg/每立方米反应器。在小型实验系统上的试验结果为:烟气中SO₂、NO_x与Hg⁰的同时脱除效率可分别达到100%,89.3%和100%。

[0041] 实施例4.烟气中的SO₂、NO_x与Hg⁰浓度分别为2000ppm,400ppm以及50ug/m³,烟气温度为100℃,草木灰吸附剂浓度为9kg/每立方米反应器。在小型实验系统上的试验结果为:烟气中SO₂、NO_x与Hg⁰的同时脱除效率可分别达到95.5%,81.7%和96.5%。

[0042] 实施例5.烟气中的SO₂、NO_x与Hg⁰浓度分别为2000ppm,400ppm以及50ug/m³,烟气温度为55℃,草木灰吸附剂浓度为4kg/每立方米反应器。在小型实验系统上的试验结果为:烟气中SO₂、NO_x与Hg⁰的同时脱除效率可分别达到82.1%,69.8%和98.9%。

[0043] 实施例6.烟气中的SO₂、NO_x与Hg⁰浓度分别为1000ppm,200ppm以及30ug/m³,烟气温度为55℃,草木灰吸附剂浓度为6kg/每立方米反应器。在小型实验系统上的试验结果为:烟气中SO₂、NO_x与Hg⁰的同时脱除效率可分别达到94.5%,81.9%和96.8%。

[0044] 综上所述,实施例3具有最佳的同时脱除效果,可作为最佳实施例参照使用。

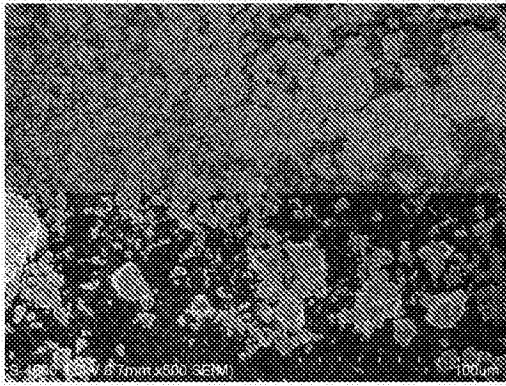


图1

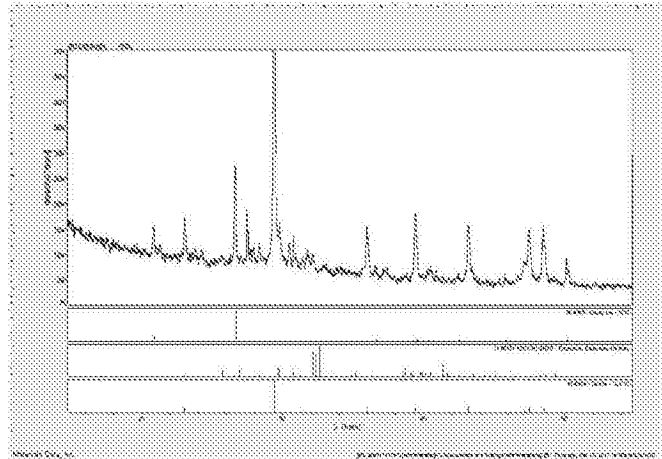


图2

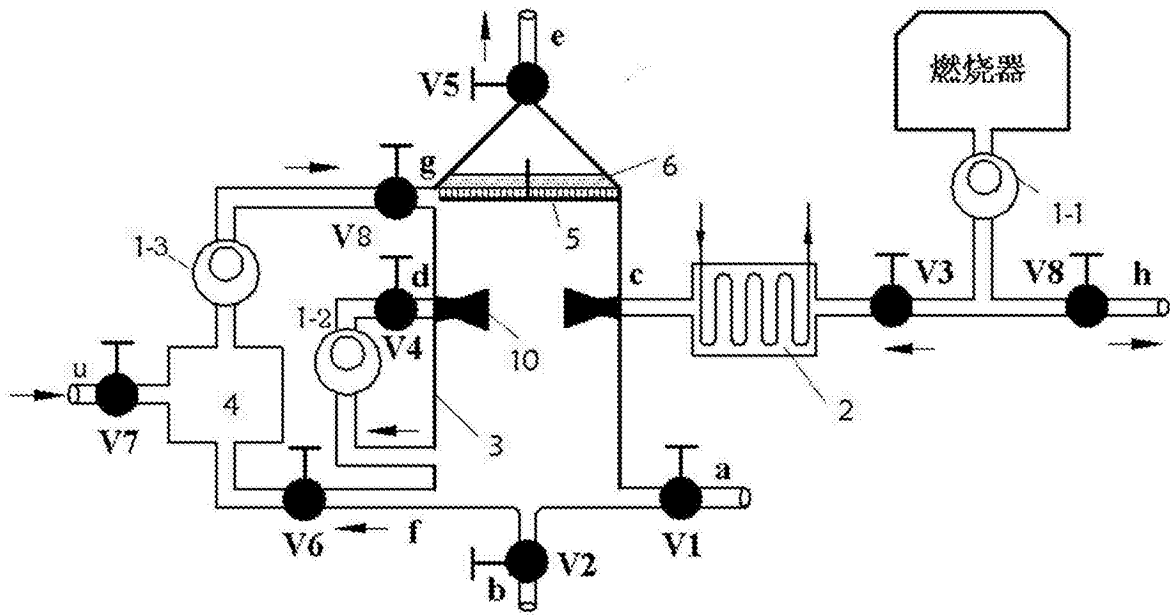


图3

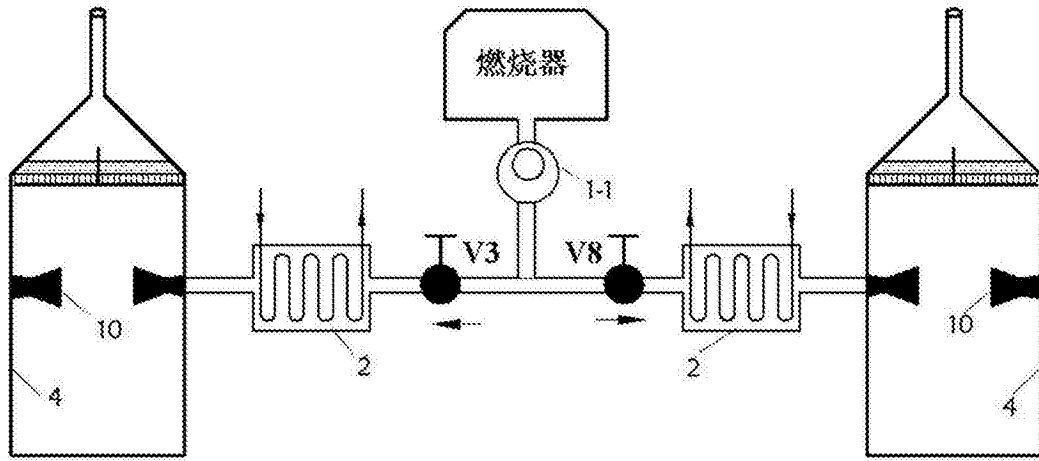


图4

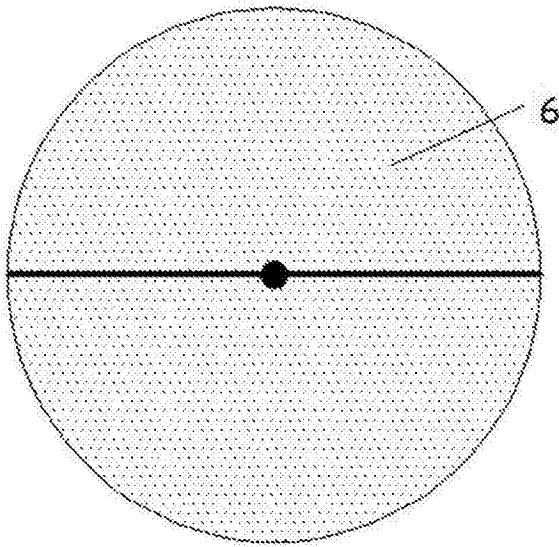


图5a

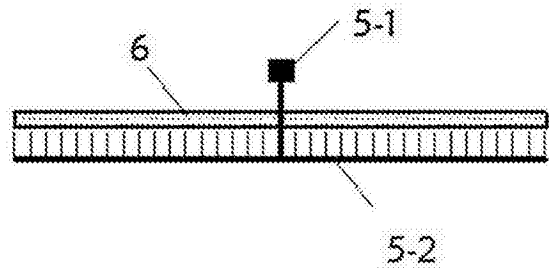


图5b

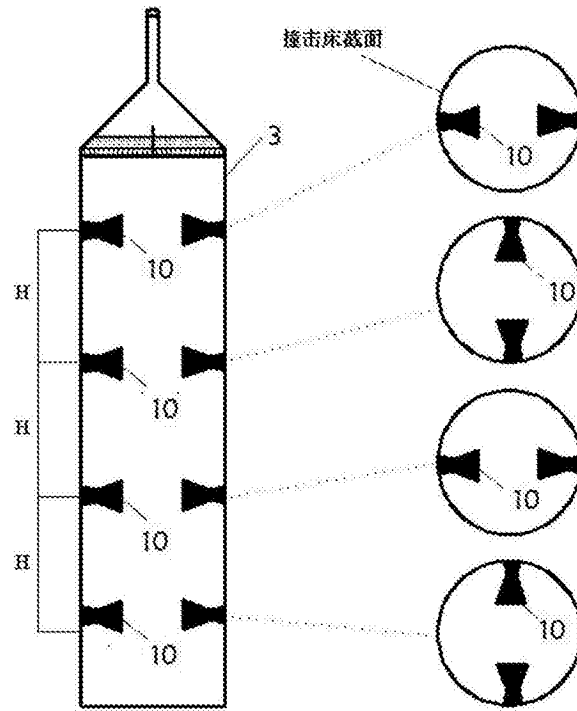


图6

元素	Ca	K	Si	Cl	Mg	Al	Fe	Na	Ti	Mn	Zn	Cu	Other
wt	21.0	9.1	7.1	4.2	2.1	1.3	0.8	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	53.2
%	4	2	3	7	2	2	3	0	3	9	5	1	9

图7

BET 比表面积	平均孔容	平均孔尺寸	平均粒径
10.04 m ² /g	0.0271 cm ³ /g	10.80 nm	597.70 nm

图8