



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105032136 B

(45)授权公告日 2017.05.03

(21)申请号 201510364125.7

B01D 53/02(2006.01)

(22)申请日 2015.06.26

B01D 53/60(2006.01)

B01D 53/64(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105032136 A

(43)申请公布日 2015.11.11

(73)专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼2号

(72)发明人 段钰锋 张君 赵蔚欣 朱纯
周强 余敏

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所
(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51)Int.Cl.

B01D 53/32(2006.01)

B01D 53/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 1772347 A, 2006.05.17, 说明书具体实施方式, 附图1, 2.

CN 1597057 A, 2005.03.23, 说明书具体实施方式, 附图1.

CN 101143296 A, 2008.03.19, 说明书具体实施方式, 附图1-16.

CN 103801168 A, 2014.05.21, 说明书具体实施方式, 附图1.

CN 204182273 U, 2015.03.04, 说明书具体实施方式, 附图1.

审查员 张濛

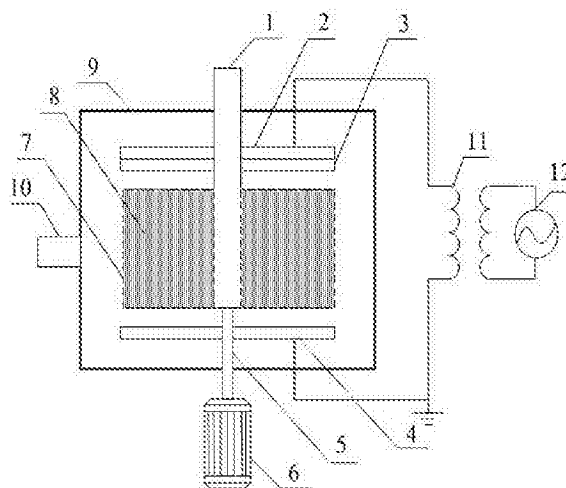
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

等离子-超重力耦合协同脱除气体污染物的装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种等离子-超重力耦合协同脱除气体污染物的装置及方法, 利用低温等离子体放电产生的高能电子和活性基团将多种气态污染物分解、氧化, 在气态污染物流经高速旋转的固体吸附剂反应器过程中, 借助气体和固体高速旋转产生的超重力效应, 使含污染物的气体和固体吸附剂充分接触, 发生气-固相间的吸附和化学反应, 完成多种气体污染物与固体吸附剂之间的物质转换和净化过程, 使污染物转化为无毒无污染的物质。本发明适用于含多种气态污染物的能源、化工、建材、冶金等领域的燃烧、气化、焚烧等烟气和各种废气中多种污染物的干法联合脱除。



1. 一种等离子-超重力耦合协同脱除气体污染物的装置,其特征在于,该装置包括反应器外壳(9)、设置在所述反应器外壳(9)中的烟气管道(1)、高压放电极(2)、石英介质层(3)、非金属框(7)和接地极(4),所述烟气管道(1)一端穿过反应器外壳(9),高压放电极(2)、石英介质层(3)和非金属框(7)围绕烟气管道(1)设置并依次排列,所述接地极(4)设置在非金属框(7)正下方,所述非金属框(7)内装有固体吸附剂(8),两者能绕烟气管道(1)的轴向旋转,烟气管道(1)位于非金属框(7)中的部分设置有多孔壁,所述反应器外壳(9)中部一侧设置烟气出口(10)。

2. 根据权利要求1所述的等离子-超重力耦合协同脱除气体污染物的装置,其特征在于,所述高压放电极(2)连接有升压调压器(11)。

3. 根据权利要求1或2所述的等离子-超重力耦合协同脱除气体污染物的装置,其特征在于,所述非金属框(7)和固体吸附剂(8)旋转产生超重场,高压放电极(2)和接地极(4)之间形成等离子体放电区,所述非金属框(7)内形成等离子与超重力耦合的气-固相反应区域。

4. 根据权利要求1或2所述的等离子-超重力耦合协同脱除气体污染物的装置,其特征在于,所述非金属框(7)连接有调速电机(6)驱动的旋转轴(5)。

5. 一种等离子-超重力耦合脱除气体污染物的方法,其特征在于,该方法基于权利要求1、2、3或4所述的装置,包括以下步骤:

1) 含多种污染物的烟气由烟气管道(1)沿轴向进入反应器,经烟气管道(1)下部的多孔壁沿径向进入装有固体吸附剂(8)的非金属框(7)区域;

2) 高压放电极(2)通电后,与接地极(4)之间形成等离子体放电区,部分烟气在所述等离子体放电区被电离,产生活性自由基和高能电子;

3) 固体吸附剂(8)与非金属框(7)高速旋转产生超重场,在非金属框(7)内形成等离子和超重力耦合区域,固体、气体、自由基和高能电子在所述超重力耦合区域内相互碰撞发生化学反应;

4) 反应净化后气体在超重力作用下由非金属框(7)侧壁网眼流出,经烟气出口(10)排出。

等离子-超重力耦合协同脱除气体污染物的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于化石燃料燃烧、垃圾焚烧、各种窑炉烟气及工业废气中多种气态污染物联合干法脱除的应用领域,涉及一种等离子-超重力耦合协同脱除气态污染物的装置及方法。

背景技术

[0002] 化石燃料燃烧排放的硫氧化物、氮氧化物、有机化合物、汞和重金属等有害物质造成严重的大气污染,对人类及生存环境造成严重危害。目前大气污染控制设备主要有:静电除尘器、布袋除尘器、湿法脱硫和催化脱硝等,但现有烟气净化装置多为单一污染物脱除装置,占地面积大,流程复杂,随着环保标准不断提高,现有环保设施需要不断改造,投资大、运行成本高。因此开发一种经济、可行、有效的多种气体污染物联合脱除的装置和方法具有重要工业应用价值。

[0003] 等离子体是继固态、液态、气态之后的物质第四态,是一种聚集态物质,其拥有的高能电子同气体分子碰撞时会发生一系列基元化反应,并在反应过程中产生多种活性自由基、高能电子和生态氧等。这些高能电子、自由基等活性粒子与气体中的各种污染物作用,能够在极短时间内将其分解或氧化。气体中 SO_2 、NO和重金属等有害物质被氧化成易于转化脱除的 SO_3 、 NO_2 和重金属氧化物,借助固体吸附剂(钙基或其它碱性固体化合物)的吸收、吸附和化学反应等过程将气态污染物进行有效脱除或转换为无害的物质。该装置技术由于发生了离子、原子、分子反应而具有较高的化学反应速率,较低的固体吸附剂消耗,脱除效率较高等优点。

[0004] 传统重力场条件下,实现气-固体系反应过程的典型设备是各种重力流化床。由于受重力场限制,传统流化床存在诸多缺陷,如:大颗粒的腾涌、小颗粒的夹带、粘结、大气泡存在造成的气体短路导致气固分布不均大大降低了系统内的传质、传热和化学反应速率等。在超重力环境下,固体颗粒有效重力增加,气-固两相之间的相互作用(相对速度)大大增强,表现出很高的传质传热效率。因此,相对于传统重力场,超重力强化气-固相反应具有物料停留时间短、流化质量好、高传质和传热等优点。

[0005] 本发明将等离子-超重力技术相互耦合,利用等离子氧化、分解气体污染物,借助超重力强化气-固相间相对速度和相互接触,增加气体分子与自由基和高能电子碰撞频率,延长活性自由基存活时间,避免自由基相互间结合失去活性,提高等离子体能量利用效率,从而实现烟气中多种气态污染物的联合高效脱除。因此,该发明的等离子-超重力耦合协同脱除气体多种污染物的装置和方法具有重要的环保、经济和社会效益。

发明内容

[0006] 技术问题:本发明提供一种借助固体吸附剂旋转产生的超重力,提高低温等离子体高压放电产生的高能电子和自由基与多种气体污染物的碰撞频率、混合强度和化学反应速率,实现多种气体污染物联合脱除目的的等离子-超重力耦合协同脱除气体污染物的装

置。

[0007] 技术方案：本发明的等离子-超重力耦合协同脱除气体污染物的装置，包括反应器外壳、设置在所述反应器外壳中的烟气管道、高压放电极、石英介质层、非金属框和接地极，所述烟气管道一端穿过反应器外壳，高压放电极、石英介质层和非金属框围绕烟气管道设置并依次排列，所述接地极设置在非金属框正下方，所述非金属框内装有固体吸附剂，两者能绕烟气管道的轴向旋转，烟气管道位于非金属框中的部分设置有多孔壁，反应器外壳中部一侧设置烟气出口。

[0008] 进一步的，高压放电极连接有升压调压器。

[0009] 进一步的，非金属框和固体吸附剂旋转产生超重场，高压放电极和接地极之间形成等离子体放电区，所述非金属框内形成等离子与超重力耦合的气-固相反应区域。

[0010] 进一步的，非金属框连接有调速电机驱动的旋转轴。

[0011] 本发明的等离子-超重力耦合协同脱除气体污染物的方法，基于上述装置，包括以下步骤：

[0012] 1) 含多种污染物的烟气由烟气管道沿轴向经烟气管道下部的多孔壁沿径向进入装有固体吸附剂的非金属框区域；

[0013] 2) 高压放电极通电后，与接地极之间形成等离子放电区，部分烟气在所述等离子体放电区被电离，产生活性自由基和高能电子；

[0014] 3) 固体吸附剂与非金属框高速旋转产生超重场，在非金属框内形成等离子和超重力耦合区域，固体、气体、自由基和高能电子在所述超重力耦合区域内相互碰撞发生化学反应；

[0015] 4) 反应净化后气体在超重力作用下由非金属框侧面网眼流出，经烟气出口排出反应器。

[0016] 本发明将等离子体与超重力技术有效结合，借助超重力强化气-固相传质提高等离子体对多种气体污染物联合脱除效率，简化烟气净化流程和降低污染物脱除成本。该发明装置和方法适用于燃煤电站、垃圾焚烧电站、工业锅炉以及各种工业窑炉等工业废气污染物的干法联合脱除。

[0017] 有益效果：本发明与现有技术相比，具有如下优点：

[0018] 现有低温等离子脱除污染物的原理是利用低温等离子体放电产生的高能电子和活性自由基等将气体污染物分解、氧化或还原，由于高能电子和活性自由基寿命极短，易于相互碰撞结合和消失，导致低温等离子体放电功率的无端消耗和污染物脱除效率降低，本发明装置中两放电极间放置固体吸附剂，气体污染物低温等离子体反应在固体区域内进行，固体吸附剂充当阻挡气体放电的介质，降低两放电极之间的微放电电流，降低能耗，同时固体吸附剂高速旋转产生的超重力强化气-固相传质速率，增加高能电子、活性自由基、气体污染物分子和固体吸附剂表面碰撞几率，延长活性自由基的寿命，提高污染物脱除效率。相比与传统的等离子技术，本发明装置具有低温等离子体能量利用率和气体污染物脱除效率高的优点，实现烟气多组分污染物干法联合脱除目的。

附图说明

[0019] 图1是本发明装置的结构示意图。

[0020] 图中有：1烟气管道，2高压放电极，3石英介质层，4接地极，5旋转轴，6调速电机，7非金属框，8固体吸附剂，9反应器外壳，10烟气出口，11升压调压器，12电源。

[0021] 图2是气-固相反应区示意图。

[0022] 固体吸附剂颗粒紧密填充在非金属框内，随旋转轴一起高速旋转产生超重场，固体颗粒之间处于相对静止；气体首先沿径向经进气管下端多孔壁进入反应区，非金属框内气体与高速旋转固体吸附剂频繁碰撞，运动方向不断改变，最后经非金属框侧壁网眼流出反应区。

具体实施方式

[0023] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面结合说明书附图对本发明做进一步说明。

[0024] 本发明的等离子-超重力耦合协同脱除气体污染物装置将低温等离子体与超重力技术相结合，该装置主要包括低温等离子体发生装置和超重床反应器两部分，超重床反应器外壳9中包括烟气管道1、高压放电极2、石英介质层3、非金属框7和接地极4，烟气管道1上端穿过反应器外壳9，其下端位于非金属框7中且侧面开有多孔，高压放电极2、石英介质层3和非金属框7围绕烟气管道1从上至下依次排列，接地极4设置在非金属框7正下方，非金属框7内装有固体吸附剂8，两者能绕烟气管道1轴向旋转，烟气出口设置在反应器外壳9一侧中部。

[0025] 本发明装置中石英介质层3覆盖高压放电极2下端面，其作用是形成介质层表面微放电，提高低温等离子体放电击穿电压，降低放电微电流，提高等离子体能量效率，同时还可以避免电极腐蚀。

[0026] 本发明装置高压放电极2与接地极4之间形成低温等离子体放电区域，部分烟气被电离形成O、OH、HO₂等活性自由基和高能电子，有毒有机污染物被电离、分解，NO和SO₂分别被氧化成NO₂和SO₃，重金属被氧化成气态金属氧化物。本发明装置中非金属框7和固体吸附剂8又在高压放电极2和接地极4形成的等离子体放电区，同时，非金属框7和固体吸附剂8旋转产生超重力，使得非金属框7内的固体吸附剂8和污染烟气处于等离子与超重力双重作用的区域。固体吸附剂8充当阻挡放电介质，进一步降低放电微电流，减小低温等离子体放低能效，同时促进活性自由基、高能电子和气体污染物分子在固体吸附剂表面相互碰撞、溅起，延长活性自由基寿命和提高污染物脱除效率。

[0027] 本发明装置上述实施过程中，烟气由烟气管道1沿轴向进入反应器，经烟气管道1下端孔眼沿径向进入非金属框7内的气-固相反应区；高压放电极2与升压调压器11连接，输入能量由电源12提供，利用升压调压器11调节高压放电极上的低温等离子体体放电电压和功率；接地极4与地极相连，高压放电极2和石英介质层3与接地极4之间形成等离子体放电区域；非金属框7与旋转轴5相连，固体吸附剂8与非金属框7随旋转轴5高速旋转产生超重场，转速由调速电机6调节，在非金属框7内形成的等离子和超重力耦合区域内固体、气体、自由基和高能电子相互碰撞发生快速化学反应；净化后烟气在超重力作用下由非金属框7侧壁网眼流出，经烟气出口10排出。

[0028] 本发明将低温等离子体与超重力技术有效结合，利用低温等离子体作用产生的活性自由基和高能电子将多种气体污染物分解和氧化，借助超重力强化气-固相间传质，提高

反应速率,实现气体多种污染物干法联合脱除目的。具体原理如下:

[0029] 在高压放电极2和接地极4之间形成的等离子体放电区域,部分气体分子被电离形成O、OH、H₂O₂等活性自由基;通过调速电机调节转速,与旋转轴相连的非金属框和固体吸附剂颗粒高速旋转产生超重场,在等离子和超重耦合区域内固体、气体、自由基和高能电子相互碰撞,气体中的VOC、PAH、二噁英等有机物分解成CO₂和H₂O,活性自由基将气体中SO₂、NO和重金属氧化成SO₃、NO₂和重金属氧化物。在超重作用下氧化产物与固体吸附剂反应而脱除,实现气体多组分污染物干法联合脱除目的。

[0030] 以上仅为本发明的较佳实施方案,本发明的保护范围并不以上述实施方式为限,但凡本领域普通技术人员根据本发明所揭示的内容所做的等效修饰或变化,皆应纳入权利要求书中记载的保护范围内。

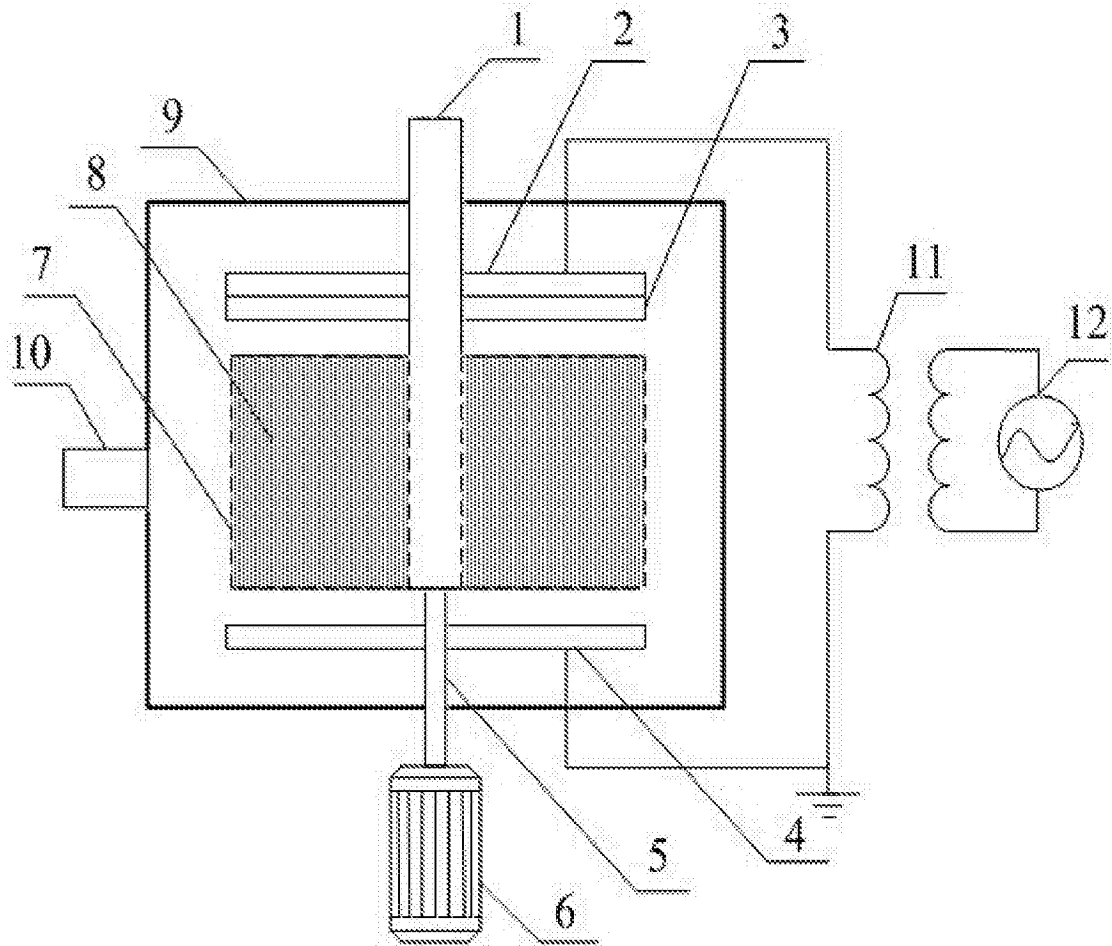


图1

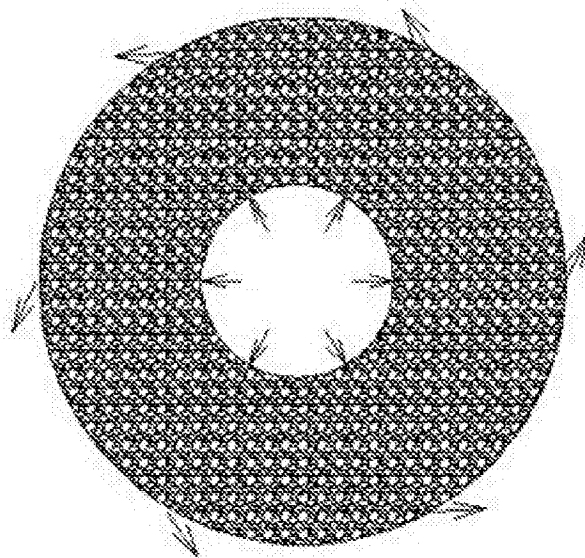


图2