



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106823722 A

(43)申请公布日 2017.06.13

(21)申请号 201710139760.4

(22)申请日 2017.03.10

(71)申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市玄武区四牌楼2号

(72)发明人 谢文霞 张军 徐成威 徐俊超
涂春民 吕剑虹 丁启忠 徐黎鑫

(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 孟红梅

(51)Int.Cl.

B01D 53/60(2006.01)

B01D 53/64(2006.01)

B01D 49/00(2006.01)

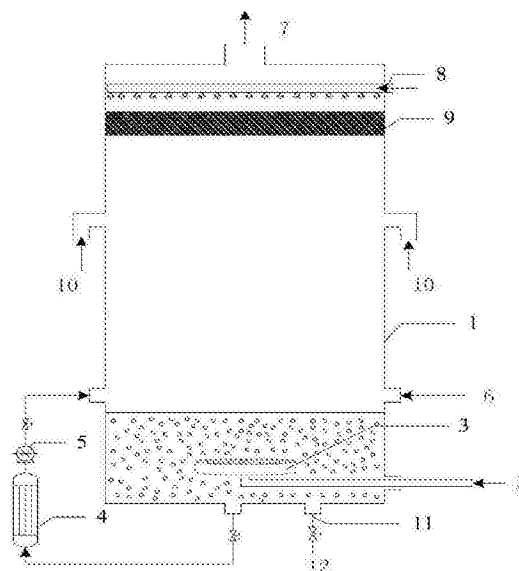
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置和方法

(57)摘要

本发明提供了一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置和方法,所述装置包括鼓泡塔、溶液加热器、溶液循环泵,烟气进口、净烟气出口、蒸汽入口、冲洗水系统、除雾器、鼓泡器。采用热活化解过氧化物产生强氧化性的羟基自由基($\cdot\text{OH}$)或硫酸根自由基($\text{SO}_4\cdot^-$)作为氧化剂,氧化脱除烟气中的 SO_2 、 NO_x 和 Hg^0 ;从蒸汽入口通过喷嘴喷入蒸汽并在鼓泡塔上部形成水汽过饱和环境,水滴在烟气携带的细颗粒物表面发生非均相凝结,促进细颗粒长大,长大后的含细颗粒液滴经过除雾器进行脱除。该装置结构简单,占地面积小,成本低廉,能够实现烟气污染物硫氧化物、氮氧化物、重金属元素汞和细颗粒物的同时脱除,脱除过程无二次污染,具有广阔的市场应用前景。



1. 一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置,其特征在于:包括鼓泡反应器系统和溶液加热循环系统,其中,

所述鼓泡反应器系统包括鼓泡塔(1),鼓泡塔(1)底部设有烟气进口(2),一端伸出鼓泡塔底部,另一端与塔内鼓泡器(3)相连;鼓泡器(3)的中心位置和鼓泡塔中心轴线相重合;鼓泡塔顶部设有净烟气出口(7);净烟气出口(7)下方设有冲洗水系统(8),冲洗水系统(8)的布水面积与鼓泡塔横截面积相等;冲洗水系统(8)下方设有除雾器(9),其横截面积与鼓泡塔横截面积相等;鼓泡塔上外壁两侧设有对称蒸汽入口(10),鼓泡塔底部设有废液排放管(11),废液排放管管口接有废液排放阀门(12);

所述溶液加热循环系统包括溶液加热器(4)和溶液循环泵(5)。

2. 根据权利要求1所述的一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置,其特征在于,鼓泡塔侧壁上还设有氧化剂添加口(6),所述氧化剂添加口(6)位于氧化溶液液面之上。

3. 根据权利要求1所述的一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置,其特征在于,所述溶液加热器(4)的传热工质为从尾部烟道抽取的烟气,加热器采用耐腐蚀的材质。

4. 根据权利要求1所述的一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置,其特征在于,所述冲洗水系统(8)包括冲洗水分布器和冲洗水进水管,冲洗水分布器底部为圆形板,圆形板面积与鼓泡塔横截面积相等,圆形板上均匀分布有布水孔,孔径范围为0.1-1mm。

5. 根据权利要求1所述的一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置,其特征在于,所述除雾器(9)为丝网除雾器或板波纹除雾器。

6. 根据权利要求1所述的一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置,其特征在于,每个鼓泡塔上设有至少两个蒸汽入口(10),对称设置于鼓泡塔的上半侧壁上。

7. 根据权利要求1所述的一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置,其特征在于,所述的氧化剂是过氧化尿素、过硫酸铵、过硫酸钾、过-硫酸氢钾和过硫酸钠中的一种或者两种以上的混合物。

8. 一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 鼓泡塔底部的氧化溶液通过浆液循环泵(5)进入溶液加热器(4),氧化溶液被加热到所需温度,过氧化物分解产生羟基自由基($\cdot\text{OH}$)和/或硫酸根自由基($\text{SO}_4^{\cdot-}$);

(2) 含有 SO_2 、 NO_x 、 Hg^0 和细颗粒物的烟气从烟气进口(2)进入鼓泡塔,通过鼓泡器(3),烟气均匀的扩散到氧化溶液中,在此过程中 SO_2 、 NO_x 、 Hg^0 和部分细颗粒物被羟基自由基($\cdot\text{OH}$)和/或硫酸根自由基($\text{SO}_4^{\cdot-}$)氧化脱除,反应后含有细颗粒物的烟气进入鼓泡塔(1)的上半区域;

(3) 在步骤(1)和(2)实施的同时,水蒸气从鼓泡塔(1)两侧的蒸汽入口(10)喷入,使鼓泡塔上部区域达到蒸汽过饱和环境;

(4) 在蒸汽形成的过饱和环境下,含细颗粒的烟气到达此区域,蒸汽在细颗粒的表面形成含颗粒的液滴,部分含颗粒液滴继续相互碰撞凝并,通过重力作用进入鼓泡塔底部的氧化溶液中;另外一部分含颗粒液滴则随着烟气经除雾器(9)脱除,最后净烟气从鼓泡塔的净烟气出口(7)排出;

(5) 冲洗水系统(8)定期对除雾器(9)中的颗粒进行冲洗,冲洗的废液流入到鼓泡塔的底部通过废液排放管(11)排出。

一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种脱除燃煤烟气中SO₂、NO_x、Hg⁰和细颗粒物的装置和方法,具体涉及一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置和方法。

背景技术

[0002] 火力发电、工业生产等过程中产生的SO₂、NO_x、Hg⁰以及PM_{2.5} (大气中空气动力学直径小于或等于2.5μm的颗粒物)能够引起酸雨、光化学烟雾、致癌和雾霾等严重的大气污染问题,这些污染物和细颗粒物的排放对人体健康和生态环境造成了极大的危害。因此,研发有效的燃煤烟气脱硫脱硝脱汞脱细颗粒物方法是全球范围内环保科研人员的重要任务之一。虽然在过去的几十年里人们开发了多种有关脱硫脱硝脱汞脱细颗粒物的方法和技术,但绝大部分技术和方法都是针对单一污染物为脱除目标,无法实现多种污染物的联合脱除。如目前工业上应用最为广泛的烟气脱硫脱硝技术主要为石灰石-石膏湿法烟气脱硫技术和SCR脱硝技术。这两种工艺的同时使用可以有效的控制SO₂和NO_x在大气中的排放量,但是无法在同一个反应器内同时实现脱硫脱硝的目标,造成整个系统复杂,占地面积大,投资和运行成本高等不足。另外随着人类对环境保护的要求日益提高,有关部门针对烟气汞排放控制的法律法规正在逐步出台,但目前还没有一种行之有效的脱汞技术获得大规模的工业应用。此外,现有燃煤烟气除尘设备针对大颗粒物的脱除效率可达到99%,但对细颗粒物的脱除效率并不高,并且随着粒径的减小其脱除效率急剧下降,因此造成大量的细颗粒物进入大气环境,引起严重的环境污染—雾霾。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或者控制细颗粒物的装置和设备,则势必会进一步增加整个系统的初投资和运行费用,任何企业都难以承担巨额的投资和运行费用,因此在发展中国家也难以获得大规模的工业应用。综上所述,如果能在一个反应器内同时将SO₂、NO_x、Hg⁰和细颗粒物联合脱除,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成本和运行费用。因此,开发经济有效的SO₂、NO_x、Hg⁰和细颗粒物同时脱除技术是环保领域的一大热点。

发明内容

[0003] 发明目的:为解决上述技术问题,本发明提出一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置和方法,所述装置利用热活化过氧化物产生强氧化性的羟基自由基(·OH)或者硫酸根自由基(SO₄²⁻·)作为氧化剂,在鼓泡塔中氧化脱除烟气中的污染物SO₂、NO_x和Hg⁰,并应用蒸汽相变凝结技术促进细颗粒物凝并长大进而高效脱除细颗粒物,从而实现烟气中SO₂、NO_x、Hg⁰和细颗粒物同时脱除的目标。

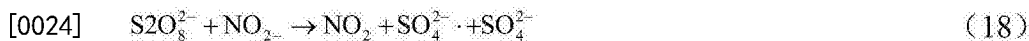
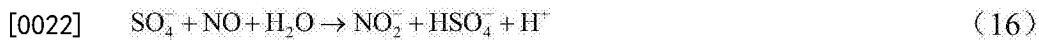
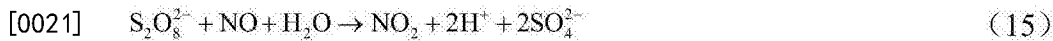
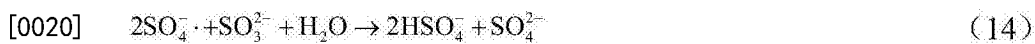
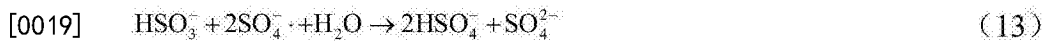
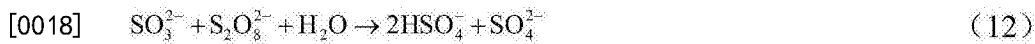
[0004] 本发明中所采用方法的反应过程及原理:

[0005] 1、热活化过氧化物首先释放了具有强化性的羟基自由基(·OH)或硫酸根自由基(SO₄²⁻·),具体过程可用如下的化学反应式(1)、(2)和(3)表示:





[0009] 2、产生的具有强氧化性的羟基自由基 ($\cdot\text{OH}$) 和硫酸根自由基 ($\text{SO}_4^{\cdot-}$) 可将烟气中的 SO_2 、 NO_x 和 Hg^0 氧化生成 H_2SO_4 、 HNO_3 和 Hg^{2+} 混合溶液, 从而达到脱除 SO_2 、 NO_x 和 Hg^0 的目的:



[0027] 3、与上述化学反应发生的同时, 水蒸气从鼓泡塔的两侧蒸汽入口通过蒸汽喷嘴喷入鼓泡塔上半区域, 使鼓泡塔上半区域达到蒸汽过饱和条件, 反应后含颗粒的烟气进入达到蒸汽过饱和条件的区域, 在此区域蒸汽在细颗粒的表面凝结形成含颗粒的液滴, 随后含颗粒的液滴随烟气经除雾器脱除。

[0028] 技术方案: 为实现上述目的, 本发明所采用的技术方案如下:

[0029] 一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的装置, 包括鼓泡反应器系统和溶液加热循环系统, 其中, 所述鼓泡反应器系统包括鼓泡塔, 鼓泡塔底部设有烟气进口, 一端伸出鼓泡塔底部, 另一端与塔内鼓泡器相连; 鼓泡器的中心位置和鼓泡塔中心轴线相重合; 鼓泡塔顶部设有净烟气出口, 净烟气出口下方设有冲洗水系统, 冲洗水系统的布水面积与鼓泡塔横截面积相等; 冲洗水系统下方设有除雾器, 其横截面积与鼓泡塔横截面积相等; 鼓泡塔上外壁两侧设有对称蒸汽入口, 鼓泡塔底部设有废液排放管, 废液排放管管口接有废液排放阀门; 所述溶液加热循环系统包括溶液加热器和溶液循环泵。

[0030] 优选的, 鼓泡塔侧壁上还设有氧化剂添加口, 所述氧化剂添加口位于氧化溶液液面之上。

[0031] 优选的, 所述溶液加热器的传热工质为从尾部烟道抽取的烟气, 加热器采用耐腐蚀的材质。

[0032] 优选的, 所述冲洗水系统包括冲洗水分布器和冲洗水进水管, 冲洗水分布器底部

为圆形板,圆形板面积与鼓泡塔横截面积相等,圆形板上均匀分布有布水孔,孔径范围为0.1-1mm。

[0033] 优选的,所述除雾器为丝网除雾器或板波纹除雾器。

[0034] 优选的,每个鼓泡塔上设有至少两个蒸汽入口,对称设置于鼓泡塔的上半侧壁上。

[0035] 优选的,所述的氧化剂是过氧化尿素、过硫酸铵、过硫酸钾、过-硫酸氢钾和过硫酸钠中的一种或者两种以上的混合物。

[0036] 一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气的方法,包括以下步骤:

[0037] (1) 鼓泡塔底部的氧化溶液通过浆液循环泵进入溶液加热器,氧化溶液被加热到所需温度,过氧化物分解产生羟基自由基($\cdot\text{OH}$)和硫酸根自由基($\text{SO}_4^{2-\cdot}$);

[0038] (2) 含有 SO_2 、 NO_x 、 Hg^0 和细颗粒物的烟气从烟气进口进入鼓泡塔,通过鼓泡器,烟气均匀的扩散到氧化溶液中,在此过程中 SO_2 、 NO_x 、 Hg^0 和部分细颗粒物被羟基自由基($\cdot\text{OH}$)或硫酸根自由基($\text{SO}_4^{2-\cdot}$)氧化脱除,反应后含有细颗粒物的烟气进入鼓泡塔的上半区域;

[0039] (3) 在步骤(1)和(2)实施的同时,水蒸气从鼓泡塔两侧的蒸汽入口喷入,使鼓泡塔上部区域达到蒸汽过饱和条件;

[0040] (4) 在蒸汽形成的过饱和条件下,含细颗粒的烟气到达此区域,蒸汽在细颗粒的表面形成含颗粒的液滴,部分含颗粒液滴继续相互碰撞凝并,通过重力作用进入鼓泡塔底部的氧化溶液中;另外一部分含颗粒液滴则随着烟气经除雾器脱除,最后净烟气从鼓泡塔净烟气出口排出;

[0041] (5) 冲洗水系统定期对除雾器中的颗粒进行冲洗,冲洗的废液流入到鼓泡塔的底部通过废液排放管排出。

[0042] 有益效果:与现有技术,本发明具有以下优点:

[0043] 随着人们对环境保护意识的日益加强,有关火电厂大气污染物的排放标准在不断提高,针对燃煤烟气中 SO_2 、 NO_x 、 Hg^0 和细颗粒物排放的控制日益严格,本发明可以在一个反应器内实现硫氧化物、氮氧化物、重金属元素汞和细颗粒物等四种污染物的同时脱除,能够显著减少系统的占地面积,降低系统的初始投资和运行费用。

[0044] 本发明工艺简单,脱硫脱硝脱汞后的烟气水汽含量高,烟温较低,只需在鼓泡塔的外部两侧对称设置蒸汽入口,添加少量蒸汽即可建立细颗粒物凝结长大所需的过饱和水汽环境,实现 SO_2 、 NO_x 、 Hg^0 和细颗粒物的同时脱除。

附图说明

[0045] 图1为一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气装置的结构示意图。

具体实施方式

[0046] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行进一步的说明。

[0047] 如图1所示为本发明提出的一种热活化氧化剂联合蒸汽协同净化烟气装置的结构图,该装置包括鼓泡反应器系统和溶液加热循环系统,鼓泡反应器系统包括鼓泡塔1,鼓泡塔1底部设有烟气进口2和鼓泡器3,鼓泡器3的中心位置与鼓泡塔1中心轴线相重合,烟气进口2一端伸出鼓泡塔底部,另一端与鼓泡器3相连,来自排放源的烟气经烟气冷却器降温后经烟气进口2进入鼓泡塔1底部,通过鼓泡器3,烟气均匀的扩散到氧化溶液中。鼓泡塔1顶部

设有净烟气出口7,净烟气出口7下方设有冲洗水系统8,冲洗水系统8的布水面积与鼓泡塔横截面积相等;冲洗水系统8下方设有除雾器9,除雾器对 $3\mu\text{m}$ 以上的雾滴具有较高的脱除效率,可高达98%以上,除雾器9横截面积与鼓泡塔1的横截面积相等;鼓泡塔1底部外接溶液加热器4,溶液加热器4进口设有溶液进料控制阀;溶液循环泵5与溶液加热器4相连,出口设有进料控制阀;鼓泡塔外壁中下部设有氧化剂添加口6,及时补充消耗的氧化剂溶液,以保证化学反应所需的液面高度;鼓泡塔上外壁两侧设有对称蒸汽入口10,鼓泡塔底部设有废液排放管11,废液排放管管口接有废液排放阀门12。

[0048] 上述装置溶液加热器4传热工质为从炉膛尾部抽取的烟气,溶液加热器4和溶液循环泵5均选用耐腐蚀性能较好的材质。

[0049] 作为本发明的优选实施例,上述装置中冲洗水系统8包括冲洗水分布器、冲洗水进水管,冲洗水分布器底部为圆形板,圆形板面积与脱除塔横截面积相等,圆形板上均匀分布有布水孔,孔径范围为 $0.1\text{mm}-1\text{mm}$ 。除雾器9可为丝网除雾器,板波纹除雾器等。每个鼓泡塔上设有至少两个蒸汽入口,对称设置于鼓泡塔的上半侧壁上,蒸汽入口上设有阀门,以便于控制蒸汽的添加量。

[0050] 本发明实施例可净化的烟气为来自于燃煤锅炉、石油化工设备,垃圾焚烧炉,生物质燃烧锅炉和医疗废弃物燃烧炉中的任一种。选用的氧化剂是过氧化尿素、过硫酸铵、过硫酸钾、过-硫酸氢钾和过硫酸钠中的一种或者两种以上的混合物。

[0051] 使用本发明的装置脱除 SO_2 、 NO_x 、 Hg^0 和细颗粒物的方法,包括以下步骤:

[0052] 含有 SO_2 、 NO_x 、 Hg^0 和细颗粒物的烟气从烟气进口2进入鼓泡塔1,通过鼓泡器3,烟气均匀的扩散到氧化溶液中,溶液加热器4将氧化溶液加热到所需温度($25-85^\circ\text{C}$),过氧化物分解产生羟基自由基($\cdot\text{OH}$)和/或硫酸根自由基($\text{SO}_4\cdot^-$),将硫氧化物氧化成硫酸、氮氧化物氧化成硝酸、重金属元素汞氧化成二价汞,部分细颗粒物沉淀在溶液里,因此去除了硫氧化物、氮氧化物、重金属元素汞和部分细颗粒物。反应后含有细颗粒物的烟气进入鼓泡塔的上半区域;同时,水蒸气从两侧的蒸汽入口10通过蒸汽喷嘴喷入鼓泡塔,使鼓泡塔上部区域达到蒸汽过饱和环境,在蒸汽形成的过饱和条件下,含细颗粒(细颗粒是指空气动力学直径小于 $2.5\mu\text{m}$ 的 $\text{PM}_{2.5}$,主要包括原始烟气中的细颗粒物以及吸收洗涤过程中形成的硫酸雾滴、无机盐气溶胶微粒等细颗粒物)的烟气上升到此区域,蒸汽在细颗粒的表面凝结形成含颗粒的液滴;为使颗粒脱除区域形成蒸汽过饱和环境,从蒸汽入口10喷入的蒸汽量由烟气量决定,蒸汽的添加量保证烟气含水过饱和度为1.2左右。部分含尘液滴继续相互碰撞凝并,通过重力作用落入鼓泡塔底部的氧化溶液中,通过过滤装置将其除去;另外一部分含尘液滴则随着烟气经除雾器9脱除,最后净烟气从鼓泡塔的净烟气出口7排出。

[0053] 冲洗水系统8定期对除雾器9中的颗粒进行冲洗,冲洗的废液流入到鼓泡塔的底部通过废液排放阀门12定期排出。

[0054] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

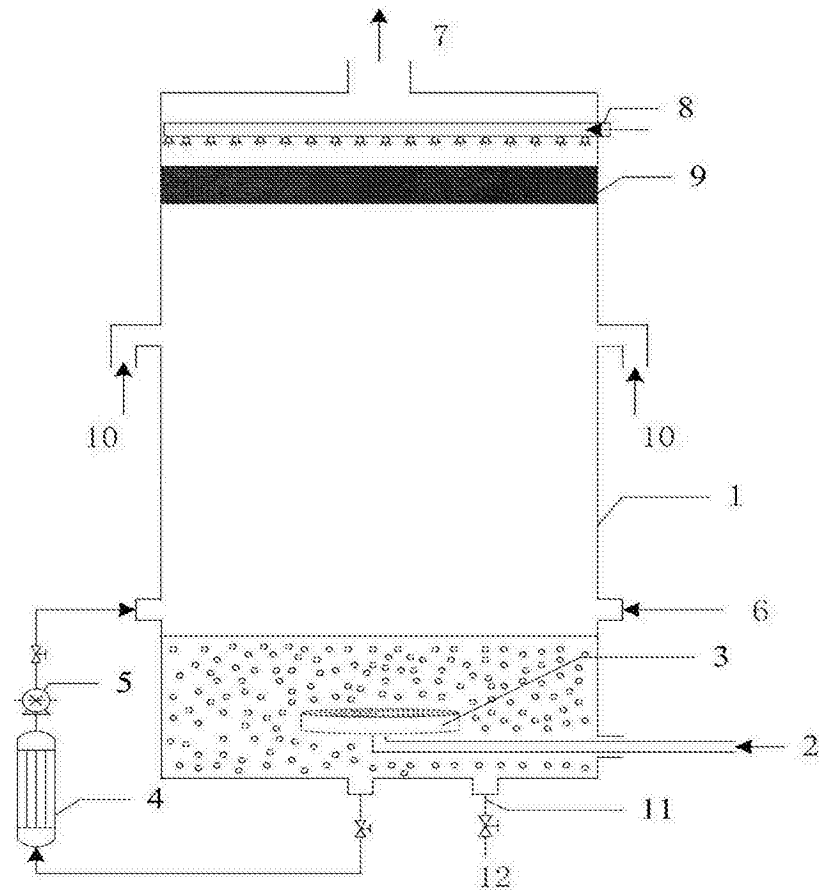


图1