



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110449021 A

(43)申请公布日 2019.11.15

(21)申请号 201910748111.3

B01D 53/64(2006.01)

(22)申请日 2019.08.13

B03C 3/017(2006.01)

(71)申请人 上海电力大学

B03C 3/04(2006.01)

地址 200090 上海市杨浦区平凉路2103号

B03C 3/74(2006.01)

B03C 3/88(2006.01)

(72)发明人 吴江 贾焘 张梅琳 王润

刘海龙 赵晓燕 何平 马昕霞

毛旭 郭建文 官贞珍

(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 许耀

(51)Int.Cl.

B01D 53/82(2006.01)

B01D 53/78(2006.01)

B01D 53/46(2006.01)

B01D 53/50(2006.01)

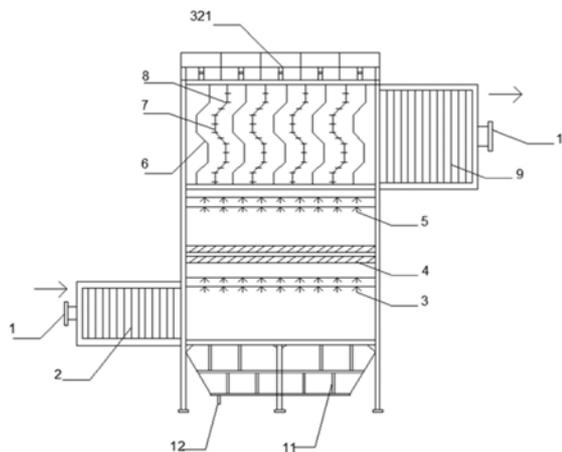
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置

(57)摘要

本发明涉及一种双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,具有烟气进口和烟气出口,烟气进口和烟气出口之间沿烟气流动方向依次设有一级吸附区、双级喷淋区、静电除尘区和二级吸附区,且双级喷淋区和静电除尘区从下到上依次设置,双级吸附区的下方设有排污区;双级喷淋区具有从下到上依次设置的一级喷淋区和二级喷淋区,一级喷淋区和二级喷淋区之间设有除雾区。与现有技术相比,本发明中烟气通过设有双级吸附、双级喷淋的湿式静电除尘器协同处理后,能够使烟气中各种形态砷硒铅等重金属进行高效脱除净化。



1. 一种双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,其特征在于,具有烟气进口(1)和烟气出口(10),烟气进口(1)和烟气出口(10)之间沿烟气流动方向依次设有一级吸附区(2)、双级喷淋区、静电除尘区和二级吸附区(9),且双级喷淋区和静电除尘区从下到上依次设置,双级吸附区的下方设有排污区;

双级喷淋区具有从下到上依次设置的一级喷淋区(3)和二级喷淋区(5),一级喷淋区(3)和二级喷淋区(5)之间设有除雾区。

2. 根据权利要求1所述的双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,其特征在于,所述的一级吸附区(2)设有微米级多孔碳酸钠和碳酸氢钠的吸附床,用于吸附颗粒态重金属,利用烟气中的 $\text{SO}_2$ 与碳酸氢钠反应生成活性氧化物将颗粒态重金属氧化,所述的颗粒态重金属包括颗粒态的 $\text{As}_p$ 、 $\text{Se}_p$ 和 $\text{Pb}_p$ 。

3. 根据权利要求1所述的双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,其特征在于,所述的一级喷淋区(3)用于烟气与一级喷淋区(3)喷淋的次氯酸钠溶液接触,利用次氯酸钠进一步氧化处理包括砷、硒和铅在内的重金属。

4. 根据权利要求1所述的双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,其特征在于,所述的二级喷淋区(5)用于烟气与二级喷淋区(5)喷淋的碳酸钠和碳酸氢钠粉末配制的溶液接触,利用碳酸钠和碳酸氢钠进一步脱除颗粒态、单质态及化合态重金属,颗粒态重金属包括颗粒态的 $\text{As}_p$ 、 $\text{Se}_p$ 和 $\text{Pb}_p$ ,单质态重金属包括单质态的 $\text{Se}^0$ 和 $\text{Pb}^0$ ,化合态重金属包括化合态的 $\text{As}^{3+}$ 、 $\text{As}^{5+}$ 、 $\text{Se}^{4+}$ 和 $\text{Pb}^{2+}$ 。

5. 根据权利要求4所述的双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,其特征在于,所述碳酸钠与碳酸氢钠的质量比为1:1~3。

6. 根据权利要求1所述的双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,其特征在于,一级喷淋区(3)和二级喷淋区(5)喷雾粒径为 $10\mu\text{m}$ ~ $200\mu\text{m}$ 。

7. 根据权利要求1所述的双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,其特征在于,所述的除雾区设有除雾器(4),所述的除雾器(4)用于处理微细尘粒、雾粒及被液体蒸汽饱和的湿气体。

8. 根据权利要求1所述的双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,其特征在于,所述的静电除尘区设有中心轴以及交替排列并连接于中心轴的阳极(6)和阴极(7),所述的阴极(7)设有芒刺(8),阳极(6)和阴极(7)在中心轴的带动下跟随中心轴周期性转动。

9. 根据权利要求8所述的双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,其特征在于,静电除尘区还设有吹扫部件(321),该吹扫部件(321)为高压空气喷射器,位于阳极(6)和阴极(7)的上方,用于吹扫静电除尘区的电极板上吸附的颗粒,使其落至排污区。

10. 根据权利要求1所述的双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,其特征在于,所述的二级吸附区(9)设有微米级多孔活性炭和 $\text{CaO}$ 的吸附床,利用 $\text{CaO}$ 和活性炭进一步吸附包括砷、硒和铅在内的重金属。

## 双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及湿式静电除尘器(WESP)技术领域,尤其是涉及一种双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置。

### 背景技术

[0002] 随着经济的发展,工业生产、人民生活对电力的需求不断提升。虽然我国正在大力

[0003] 倡导节能发电,开发新能源等措施,但在短时间内我国以煤为主的能源结构不会发生改变。

[0004] 中国是世界上最大的煤炭生产国,也是最大的煤炭消费国,目前煤在能源结构中占到70%左右。然而煤炭燃烧后会产生大量的SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>以及重金属,其中危害较大的包括有砷、硒、铅等重金属,这些重金属主要富集在亚微米颗粒上,难以被常规污染物控制设施有效捕获,它们在大气中主要以气溶胶形式存在,不易沉降,而且大部分害重金属难以被微生物降解,长时间停留在大气中,给生态系统和人类造成极大危害。

[0005] 我国关于燃煤电厂净化装置如何控制重金属的研究起步较晚,目前现有技术中的研究方向主要是对烟气中重金属含量的测定,但是如何提高烟气中重金属的脱除效率,以及强化烟气中重金属的脱除效果,实现重金属高效脱除仍没有完善的解决方案。

[0006] 因此,为减少燃煤电厂大气重金属污染物排放量,进行燃煤过程中重金属的形态转化、分布以及控制,对于烟气中的颗粒物、重金属等亟需开发各种技术进行脱除。中国专利CN108201974A公开了一种湿式静电除尘器,包括清理组件和机箱,机箱的一侧设置有进气口,所述机箱的顶部设置有出气口,所述机箱的下方设置有沉淀池。该技术方案的缺点为对重金属的去除流程单一,不能实现分级处理,致使去除率不高。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的就是为了解决上述现有技术存在的缺陷而提供一种双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置。

[0008] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0009] 一种双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,具有烟气进口和烟气出口,烟气进口和烟气出口之间沿烟气流动方向依次设有一级吸附区、双级喷淋区、静电除尘区和二级吸附区,且双级喷淋区和静电除尘区从下到上依次设置,双级吸附区的下方设有排污区;

[0010] 双级喷淋区具有从下到上依次设置的一级喷淋区和二级喷淋区,一级喷淋区和二级喷淋区之间设有除雾区。

[0011] 作为优选的技术方案,所述的一级吸附区设有微米级多孔碳酸钠和碳酸氢钠的吸附床,用于吸附颗粒态重金属,利用烟气中的SO<sub>2</sub>与碳酸氢钠反应生成活性氧化物(如硫化硫酸钠等)将颗粒态重金属氧化(例如将As<sup>3+</sup>转化为As<sup>5+</sup>,将Se<sup>0</sup>转化为Se<sup>4+</sup>,将Pb<sup>0</sup>转化为Pb<sup>2+</sup>),所述的颗粒态重金属包括颗粒态的As<sub>p</sub>、Se<sub>p</sub>和Pb<sub>p</sub>。

[0012] 作为优选的技术方案,所述的一级喷淋区用于烟气与一级喷淋区喷淋的次氯酸钠溶液接触,利用次氯酸钠进一步氧化处理包括砷、硒和铅在内的重金属。

[0013] 作为优选技术方案,所述的二级喷淋区用于烟气与二级喷淋区喷淋的碳酸钠和碳酸氢钠粉末配制的溶液接触,利用碳酸钠和碳酸氢钠进一步脱除颗粒态、单质态及化合态重金属,颗粒态重金属包括颗粒态的 $As_p$ 、 $Se_p$ 和 $Pb_p$ ,单质态重金属包括单质态的 $Se^0$ 和 $Pb^0$ ,化合态重金属包括化合态的 $As^{3+}$ 、 $As^{5+}$ 、 $Se^{4+}$ 和 $Pb^{2+}$ 。

[0014] 作为优选技术方案,所述碳酸钠与碳酸氢钠的质量比为1:1~3。

[0015] 作为优选技术方案,一级喷淋区和二级喷淋区喷雾粒径为 $10\mu m$ ~ $200\mu m$ 。

[0016] 作为优选技术方案,所述的除雾区设有除雾器,所述的除雾器用于处理微细尘粒、雾粒及被液体蒸汽饱和的湿气体。

[0017] 作为优选的技术方案,所述的排污区设有灰斗和排污口。用于收集重金属砷硒铅等颗粒。

[0018] 作为优选技术方案,所述的静电除尘区设有中心轴以及交替排列并连接于中心轴的阳极和阴极,所述的阴极设有芒刺,阳极和阴极在中心轴的带动下跟随中心轴周期性转动。提高静电除尘区的除尘效果,能进一步提高砷硒铅等经喷淋后与液滴形成的颗粒态的脱除效果。

[0019] 作为优选技术方案,静电除尘区还设有吹扫部件,该吹扫部件为高压空气喷射器,位于阳极和阴极的上方,用于吹扫静电除尘区的电极板上吸附的颗粒,使其落至排污区。

[0020] 作为优选技术方案,所述的二级吸附区设有微米级多孔活性炭和CaO的吸附床,利用CaO和活性炭进一步吸附包括砷、硒和铅在内的重金属。

[0021] 作为优选技术方案,当WESP脱除效率明显下降后,需进行对吸附床更换、更新喷淋液等操作。

[0022] 烟气从烟气进口进入一级吸附区,其中设有微米级多孔碳酸钠和碳酸氢钠的吸附床,用于吸附颗粒态的重金属砷硒铅( $As_p$ 、 $Se_p$ 、 $Pb_p$ ),利用烟气中 $SO_2$ 与碳酸氢钠反应生成活性氧化物(如硫代硫酸钠等)将 $As^{3+}$ 转化为 $As^{5+}$ ,将 $Se^0$ 转化为 $Se^{4+}$ ,将 $Pb^0$ 转化为 $Pb^{2+}$ ;烟气经一级吸附后进入一级喷淋区,所用喷淋液为次氯酸钠溶液,烟气在喷淋区与喷淋液充分接触,利用次氯酸钠进一步氧化处理砷硒铅等重金属;烟气经一级喷淋后进入除雾区,其中除雾器处理微细尘粒,雾粒及被液体蒸汽饱和的湿气体;烟气经除雾区后进入二级喷淋区,所用喷淋液为碳酸钠和碳酸氢钠粉末配制的溶液,烟气在喷淋区与喷淋液充分接触,利用碳酸钠和碳酸氢钠进一步的脱除颗粒态( $As_p$ 、 $Se_p$ 、 $Pb_p$ )、单质态( $Se^0$ 、 $Pb^0$ )以及化合态( $As^{3+}$ 、 $As^{5+}$ 、 $Se^{4+}$ 、 $Pb^{2+}$ )的砷硒铅等重金属;烟气经二级喷淋区后进入静电除尘区,其中阳极和设有芒刺的阴极交错排列并连接于中心轴,工作时电极跟随中心轴周期性转动,提高静电除尘区的除尘效果,能进一步提高砷硒铅等经喷淋后与液滴形成的颗粒态的脱除效果;烟气经静电除尘区后进入二级吸附区,设有微米级多孔活性炭和CaO的吸附床,利用CaO和活性炭进一步吸附各种形态的砷硒铅等重金属,最后净化后的烟气从烟气出口排出。

[0023] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:针对烟气中的污染物颗粒、重金属砷硒铅的有效脱除,烟气依次经过一级吸附区、一级喷淋区、除雾区、二级喷淋区、静电除尘区、二级吸附区,采用双级吸附、双级喷淋的湿式静电除尘器对烟气重金属砷硒铅进行协同处理,从而将烟气中各种形态砷硒铅高效脱除,从整体上提高了重金属的脱除率,实现燃煤烟气

的超低近零排放。

### 附图说明

[0024] 图1为本发明的双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置的示意图。

[0025] 图中,1为烟气进口,2为一级吸附区,3为一级喷淋区,4为除雾器,5为二级喷淋区,6为阳极,7为阴极,8为芒刺,9为二级吸附区,10为烟气出口,11为灰斗,12为排污口,321为吹扫部件。

### 具体实施方式

[0026] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0027] 实施例1

[0028] 一种双级吸附与双级喷淋协同高效脱除重金属的WESP装置,如图1所示,具有烟气进口1和烟气出口10,烟气进口1和烟气出口10之间沿烟气流动方向依次设有一级吸附区2、双级喷淋区、静电除尘区和二级吸附区9,且双级喷淋区和静电除尘区从下到上依次设置,双级吸附区的下方设有排污区;双级喷淋区具有从下到上依次设置的一级喷淋区3和二级喷淋区5,一级喷淋区3和二级喷淋区5之间设有除雾区。

[0029] 具体地:

[0030] 本实施例中,该WESP装置包括筒体,排污区、双级喷淋区和静电除尘区从下到上依次设置于筒体内,一级吸附区2和二级吸附区9设置于筒体侧面,且一级吸附区2与一级喷淋区3相连,二级吸附区9与静电除尘区相连,烟气进口1连接于一级吸附区2上,烟气出口10连接于二级吸附区9上。

[0031] 本实施例中,一级吸附区2设有微米级多孔碳酸钠和碳酸氢钠的吸附床,用于吸附颗粒态重金属,利用烟气中的 $\text{SO}_2$ 与碳酸氢钠反应生成活性氧化物将颗粒态重金属氧化,颗粒态重金属包括颗粒态的 $\text{As}_p$ 、 $\text{Se}_p$ 和 $\text{Pb}_p$ 。

[0032] 本实施例中,一级喷淋区3用于烟气与一级喷淋区3喷淋的次氯酸钠溶液接触,利用次氯酸钠进一步氧化处理包括砷、硒和铅在内的重金属。二级喷淋区5用于烟气与二级喷淋区5喷淋的碳酸钠和碳酸氢钠粉末配制的溶液接触,利用碳酸钠和碳酸氢钠进一步脱除颗粒态、单质态及化合态重金属,颗粒态重金属包括颗粒态的 $\text{As}_p$ 、 $\text{Se}_p$ 和 $\text{Pb}_p$ ,单质态重金属包括单质态的 $\text{Se}^0$ 和 $\text{Pb}^0$ ,化合态重金属包括化合态的 $\text{As}^{3+}$ 、 $\text{As}^{5+}$ 、 $\text{Se}^{4+}$ 和 $\text{Pb}^{2+}$ 。优选碳酸钠与碳酸氢钠的质量比为1:1~3。更优选一级喷淋区3和二级喷淋区5喷雾粒径为 $10\mu\text{m}$ - $200\mu\text{m}$ 。除雾区设有除雾器4,除雾器4用于处理微细尘粒、雾粒及被液体蒸汽饱和的湿气体。

[0033] 本实施例中,静电除尘区设有中心轴以及交替排列并连接于中心轴的阳极6和阴极7,阴极7设有芒刺8,阳极6和阴极7在中心轴的带动下跟随中心轴周期性转动。提高静电除尘区的除尘效果,能进一步提高砷硒铅等经喷淋后与液滴形成的颗粒态的脱除效果。优选静电除尘区还设有吹扫部件321,该吹扫部件321为高压空气喷射器,位于阳极6和阴极7的上方,用于吹扫静电除尘区的电极板上吸附的颗粒,使其落至排污区。

[0034] 所述的排污区设有灰斗11和排污口12。用于收集重金属砷硒铅等颗粒。

[0035] 本实施例中,二级吸附区9设有微米级多孔活性炭和 $\text{CaO}$ 的吸附床,利用 $\text{CaO}$ 和活性炭进一步吸附包括砷、硒和铅在内的重金属。

[0036] 该WESP装置工作时,烟气首先由烟气进口1进入一级吸附区2,烟气中颗粒态砷硒铅被多孔碳酸钠和碳酸氢钠吸附,烟气SO<sub>2</sub>与碳酸氢钠反应生成活性氧化物(如硫代硫酸钠等)将砷硒铅氧化为As<sup>5+</sup>、Se<sup>4+</sup>和Pb<sup>2+</sup>;随后烟气进入一级喷淋区3,喷射出的次氯酸钠液滴和部分的重金属颗粒结合形成较大的颗粒并沉降入灰斗11,并将部分重金属砷硒铅进一步氧化;随后烟气经过除雾区4通过除雾器处理微细尘粒,雾粒及被液体蒸汽饱和的湿气体;烟气中另一部分的重金属颗粒向上进入二级喷淋区5,与喷淋液碳酸钠和碳酸氢钠溶液充分接触,进一步的脱除各种形态的砷硒铅等重金属;随后剩余重金属颗粒进入静电除尘区,经过电晕放电后部分吸附于电极板上,静电除尘区的电极板随中心轴周期性的旋转,通过吹扫部件321将电极上吸附的重金属颗粒吹至灰斗11,灰斗处沉积的重金属颗粒由排污口12排出;烟气经过静电除尘区后进入二级吸附区9,烟气中残余的重金属被CaO和活性炭进行进一步吸附处理,净化后的烟气最后由烟气出口10排出。以重金属铅为例,经模拟烟气系统5-10次测试,烟气入口处铅浓度为30μg/m<sup>3</sup>,模拟实验整体误差为±5%,烟气流量设置为1.2L/min,经该装置双级吸附及双级喷淋氧化后烟气中检测平均铅含量为5.67μg/m<sup>3</sup>。

[0037] 上述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。

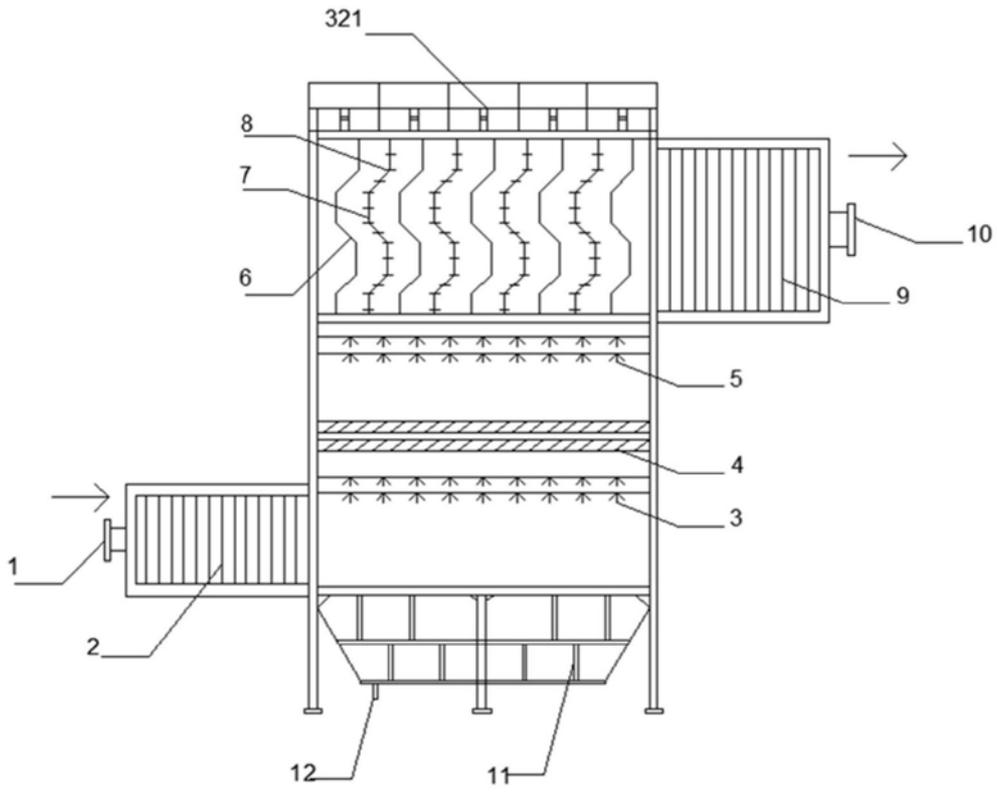


图1