



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101496986 B

(45) 授权公告日 2011. 04. 27

(21) 申请号 200910095547. 3

(22) 申请日 2009. 01. 20

(73) 专利权人 浙江工商大学

地址 310035 浙江省杭州市西湖区教工路
149 号

(72) 发明人 吴祖良 李济吾 陆豪 江博琼

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司
33224

代理人 胡红娟

式 .

CN 1600409 A, 2005. 03. 30, 具体实施方式 .

JP 2002306925 A, 2002. 10. 22, 具体实施方式 .

式 .

JP 2002177734 A, 2002. 06. 25, 具体实施方式 .

式 .

吴祖良等 . 电晕放电同时脱硫脱硝机理研究 . 《电站系统工程》. 2007, 第 23 卷 (第 3 期), 2-4.

审查员 刘亚娟

(51) Int. Cl.

B01D 53/74 (2006. 01)

B01D 53/60 (2006. 01)

B01D 50/00 (2006. 01)

B03C 3/16 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101274305 A, 2008. 10. 01, 具体实施方式

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

同时脱除烟气中 PM2. 5 颗粒、SO₂ 和 NO_x 并回收副产物的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种同时脱除烟气中 PM2. 5 颗粒、SO₂ 和 NO_x 并回收副产物的方法, 将待处理烟气通入脉冲电晕电场, 同时喷洒吸收液以净化烟气; 脉冲电晕电场由与负脉冲高压相连的针状电晕线, 和环绕针状电晕线与正脉冲电压相连的网状金属电极产生; 吸收液喷洒在网状金属电极上形成液膜, PM2. 5 颗粒荷电后受到静电力作用向液膜运动, 被液膜吸附捕集, 而烟气中的水蒸气和氧气被分解成 O、OH、O₃、HO₂ 等氧化性自由基, 将烟气中的 SO₂ 和 NO 氧化成易于吸收的高价态物质, 之后被吸收液吸收; 反应后的吸收液经过待处理烟气的显热干燥, 结晶生成可回收副产物。本发明方法实现了烟气中的 PM2. 5 颗粒、SO₂ 以及 NO_x 的同时脱除并将脱除副产物资源化。

CN 101496986 B

1. 一种同时脱除烟气中 PM2.5 颗粒、SO₂ 和 NO_x 并回收副产物的方法,包括,将待处理烟气通入脉冲电晕电场,同时喷洒吸收液以净化烟气,最后利用反应后的吸收液回收副产物,其特征在于:所述的脉冲电晕电场由与负脉冲高压相连的针状电晕线,和环绕针状电晕线与正脉冲电压相连的网状金属电极产生;所述的吸收液喷洒在网状金属电极上形成流水极板,用于吸收 PM2.5 颗粒、SO₂ 和 NO_x;反应后的吸收液经过待处理烟气的显热干燥,结晶,回收副产物。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述的吸收液为 pH 值为 5.6 ~ 5.7 的氨水溶液。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述的网状金属电极为开孔率 50 ~ 60% 的圆孔不锈钢网。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述的针状电晕线为外圆周面上设有多个芒刺对的不锈钢圆形管。

5. 如权利要求 4 所述的方法,其特征在于:每组芒刺对包括四个成对分布的芒刺。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于:所述的芒刺尖端与网状金属电极之间的距离为 40 ~ 70mm。

7. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于:所述的芒刺的长度为 3 ~ 7mm。

同时脱除烟气中 PM_{2.5} 颗粒、SO₂ 和 NO_x 并回收副产物的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种烟气处理方法,特别是一种利用湿式脉冲电晕同时脱除烟气中 PM_{2.5} 颗粒、SO₂ 以及 NO_x 并将脱除副产物资源化的方法。

背景技术

[0002] 我国能源资源的基本特点是富煤、贫油、少气,煤炭资源总量远远超过石油和天然气资源。我国煤炭在全国一次能源生产和消费中的比例长期占 70% 以上。2007 年,我国能源消费的总量达到 26.5 亿吨标煤,其中煤炭消费量 18 亿吨标煤,原油消费量 3.4 亿吨,天然气消费 673 亿立方米。我国正处于重化工阶段和世界工厂的现状,而且产业结构在未来几十年内发生大调整的可能性较小,能源消耗还会持续上升。根据国际能源机构 (IEA) 估计,到 2020 年,中国一次能源需求在 25 ~ 33 亿吨标准煤之间,其中煤炭是 21 ~ 29 亿吨,石油 4.5 ~ 6.1 亿吨,天然气 1453 ~ 1654 亿立方米,煤炭在我国一次能源构成中仍将占主体地位。

[0003] 目前,我国对煤的主要利用方式还是以燃烧为主,占煤炭总量的 80%。煤炭的直接燃烧虽然简单廉价,但污染严重。煤炭燃烧排放的粉尘、SO₂、NO_x 已经成为我国最大的大气污染源,排放总量极大。我国 70% 的烟尘、90% 的 SO₂ 和 67% 的 NO_x 都来自于燃煤。“十一五”以来 SO₂ 的年排放总量都在 2500 万吨左右的高位运行;而 NO_x 的排放形势更为严峻,2005 年火电行业 NO_x 排放已经超过 700 万吨。如果政府不采取更强有力的减排措施,NO_x 的排放将会持续增长;对烟尘而言,虽然 TSP 排放呈逐年下降趋势,但对 PM_{2.5} 缺乏有效控制手段,致使 PM_{2.5} 的排放从 2000 年的 750 万吨逐渐上升到 2007 年的 1000 万吨。粉尘、SO₂、NO_x 的大量排放给生态环境和人类健康带来极大威胁。

[0004] 目前,静电分离仍然是控制烟气中粉尘的主要手段,电除尘器是烟气除尘中应用最广的设备之一。静电分离具有效率高,收集效果好等优点。虽然目前使用的静电除尘器其除尘效率可达 99% 以上,然而对 PM_{2.5} 以下的颗粒却无能为力。这是因为目前静电除尘器普遍采用直流电源供电和钢极板振打方式。关于供电方式,采用直流供电造成峰值电压 V_p 与平均电压 V_a 权差达到 30 ~ 50%,而且与除尘效率直接有关的 V_p/V_a 偏小,使得 PM_{2.5} 的颗粒荷电不充分。关于极板振打,采用振打清灰存在着二个问题:一是振打不能清除粘牢的粉尘,极板腐蚀严重;二是在振打时间内,粉尘返混严重(达 50%),导致电除尘器工作失效,PM_{2.5} 颗粒的除尘效率大幅降低。

[0005] 目前对烟气中 SO₂ 脱除主要采用湿法烟气脱硫技术 (WFGD),占总装机容量的 80% 以上,但是典型的 WFGD 初期投资和运行成本都很高,而且系统非常复杂;而对 NO_x 的控制,通常采用空气分级、燃料分级或者低 NO_x 燃烧器等燃烧控制方式,但是燃烧控制技术只能达到 30 ~ 50% 的脱硝率,无法满足日后的 NO_x 排放标准,所以需要加装选择性催化还原烟气脱硝装置 (SCR)。但 SCR 装置的催化剂价格昂贵,且要定期更换,致使运行费用达到 2000 ~ 3000 元 / 吨 NO_x。

[0006] 另外,我国煤的综合利用水平较低。煤中所含的 S、N 等元素大部分转化成了低附加值的产品。钙基脱硫主要以石膏形式回收 S,而 SCR 脱硝则把 NO_x 最终转化为 N₂。因此,开展燃煤烟气污染物脱除过程中 S、N 等资源的回收利用,对于建设资源节约型社会具有重要意义。

[0007] 烟气污染物控制不仅是环境问题,同时也是技术经济问题。随着烟气中所需控制的污染物越来越多,污染物排放标准越来越严格,如果我们还是采用“1+1”的方式,对不同的污染物使用不同的方法逐一脱除,这必将导致巨大的投资运行成本以及复杂的净化系统,而且各工艺之间的集成也会遇到诸多困难。并且从循环经济的角度出发,实现烟气污染物脱除副产物的综合利用,达到污染物脱除和资源回收的有机结合,最终实现环境友好、资源节约的燃煤烟气污染物控制技术。所以开发烟气中多种污染物同时脱除综合利用技术,实现一塔多脱,并且实现脱除副产物的资源化,已成为烟气治理的新趋势。

发明内容

[0008] 本发明提供一种湿式脉冲电晕烟气处理方法,可以同时脱除烟气中 PM2.5 颗粒、SO₂ 以及 NO_x 并可实现脱除副产物的资源化。

[0009] 一种同时脱除烟气中 PM2.5 颗粒、SO₂ 以及 NO_x 并将脱除副产物的资源化的方法,将待处理烟气通入脉冲电晕电场,同时喷洒吸收液以净化烟气,所述的脉冲电晕电场由与负脉冲高压相连的针状电晕线,和环绕针状电晕线与正脉冲电压相连的网状金属电极产生;所述的吸收液喷洒在网状金属电极上,用于吸收 PM2.5 颗粒、SO₂ 和 NO_x;反应后的吸收液经过待处理烟气的显热干燥,结晶生成副产物。

[0010] 本发明方法可通过筒式结构的电晕放电反应器实现,反应器中间垂直放置针状电晕线,反应器内壁设置不锈钢网,并向其喷射吸收液形成液膜作为流水极板;针状电晕线接负脉冲高压,流水极板接正脉冲高压,在针状电晕线和流水极板之间形成强烈的脉冲电晕,此时,PM2.5 颗粒在脉冲电场中荷电后受到静电力作用向流水极板运动,进而被水膜吸附捕集而得到清除;而烟气中的水蒸气和氧气在电晕区被分解成 O, OH, O₃, HO₂ 等氧化性自由基,之后这些氧化性自由基把烟气中的 SO₂ 和 NO 氧化成易于吸收的 SO₃、H₂SO₄、NO₂ 和 HNO₃,最终在流水极板的水膜表面被吸收液吸收,这样就实现了 PM2.5 颗粒、SO₂ 以及 NO_x 在同一反应器中的同时脱除。随后,吸收后的液体喷入待处理烟气的烟道,通过高温烟气的显热蒸发,结晶成可利用的工业原料,实现脱除副产物的资源化。

[0011] 为了能够在不锈钢网上形成更加均匀液膜,同时尽可能的节省材料,一般选择圆孔不锈钢网,而且开孔率在 50 ~ 60%。另外,过低的 pH 值将会生成硫酸氢铵,而过高的 pH 值会导致氨水的浪费。所以为了获得硫酸铵的副产物,必须控制吸收液的 pH 值,一般要求吸收液的 pH 值在 5.6 ~ 5.7 之间。考虑到 SO₂ 吸收后形成的亚硫酸铵容易在高温下分解,为了获得更高的 SO₂ 吸收效果,进入电晕放电反应器的烟气温度需要控制在 80℃ 以下。

[0012] 本发明采用流水极板替代金属极板,无需振打清灰装置,不存在极板腐蚀、粘结问题,从本质上避免了常规电除尘设备粉尘返混率高、净化效果不佳、腐蚀严重等致命问题,有效改善运行性能,降低反应器钢耗(达 40%)。而脉冲供电方式与直流供电方式相比能够显著提高峰值电压以及自由电子的平均能量和数量,大大促进小颗粒的脱除以及 O、OH、O₃ 等自由基的生成。而 O、OH、O₃ 等自由基能有效氧化烟气中的 SO₂ 和 NO,使之转化为 SO₃、

H_2SO_4 、 NO_2 和 HNO_3 , 最后在流水极板上的水膜表面上实现高效传质吸收。另外, 吸收后的液体喷入电晕放电反应器前的高温烟道, 通过高温烟气的显热蒸发, 干燥结晶成可利用的工业原料, 实现脱除副产物的资源化。这样一来, 不仅实现了脱除副产物的资源化, 而且进入电晕放电反应器的温度明显降低, 大大促进 SO_2 和 NO_x 的氧化吸收脱除效果。

[0013] 所述的针状电晕线为外圆周面上设有多组芒刺对的不锈钢圆形管, 不锈钢圆形管的半径和芒刺的长度可根据具体情况加以改变, 优选为每组芒刺对的芒刺数量为四个, 成对称分布, 芒刺的长度为 3 ~ 7mm, 四个芒刺的对称分布, 能够产生更多的自由基, 并使自由基在反应器截面上的分布更加均匀, 有利于污染物的脱除。电晕的产生很大程度上取决于电极之间的距离, 电极间距过大电晕不易稳定且难以产生, 而间距过小又使烟气处理量减小, 所以芒刺尖端与流水极板之间的距离最优选择 40 ~ 70mm。电晕放电的难易也与电极的材料有关, 一般来说钨、不锈钢以及铜都是较好的电极材料, 本发明考虑到烟气中酸性气体的腐蚀, 所以电极采用不锈钢材料。

[0014] 本发明方法使用单一技术就解决了烟气中 $PM_{2.5}$ 颗粒、 SO_2 以及 NO_x 的同时脱除, 同时可获得硫酸铵资源。大大减少烟气净化的投资运行成本和系统的复杂性, 实现烟气污染物脱除副产物的综合利用, 适应烟气净化领域的发展趋势。

附图说明

[0015] 图 1 是利用本发明方法对烟气进行处理的一种可实施的工艺流程简图;

[0016] 图 2 是本发明方法中的筒式电晕反应器结构示意图;

[0017] 图 3 是针状电晕线的芒刺分布示意图。

[0018] 图中: 锅炉 1、除尘器 2、湿式电晕反应器 3、脉冲电源 4、碱液出料池 5、风机 6、烟囱 7、碱液罐 8、碱液循环池 9; 高温烟道干燥器 10、壳体 11、进气口 12、出气口 13、流水极板 14、喷水器 15、针状电晕线 16、出水口 17、喷水器进水口 18、喷水器出水口 19; 圆形管 20、芒刺 21。

具体实施方式

[0019] 如图 1 所示, 从锅炉 1 出来的烟气首先经过除尘器 2 脱除烟气中的大粒径粉尘, 再进入湿式电晕反应器 3 进行 $PM_{2.5}$ 、 SO_2 和 NO_x 同时脱除反应。湿式电晕反应器采用脉冲高压电源 4, 针状电晕线 16 接负脉冲高压, 流水极板 14 接正脉冲高压。接通脉冲高压电源 4 后, 针状电晕线和流水极板之间就能形成强烈的电晕放电。同时从喷水器 15 靠近反应器内壁的四周溢出氨水, 在流水极板上形成一层薄薄的水膜。此时, $PM_{2.5}$ 颗粒在脉冲电场中受到高能电子撞击后荷电, 进而在强电场作用下向流水极板运动, 进而被水膜吸附捕集而得到清除。同时, 烟气中的水蒸气和氧气在电晕区被分解成 O 、 OH 、 O_3 、 HO_2 等氧化性自由基, 之后这些氧化性自由基把烟气中的 SO_2 和 NO 氧化成易于吸收的 SO_3 、 H_2SO_4 、 NO_2 、 HNO_2 和 HNO_3 。在流水极板表面所形成的水膜能够强化 SO_2 、 SO_3 、 H_2SO_4 、 NO 、 NO_2 、 HNO_2 和 HNO_3 的吸收, 实现 SO_2 和 NO_x 的同时吸收脱除。反应后副产物随吸收液从湿式电晕反应器 3 底部流出进入碱液出料池 5, 碱液出料池 5 中上层清液由泵打入碱液循环池 9。同时为了控制吸收液的 pH 值由碱液罐 8 向碱液循环池 9 补充新鲜氨水, 之后碱液循环池 9 中的吸收液打入喷水器 15 进行湿式吸收。另外, 碱液出料池 5 底部的高浓度吸收液打入高温烟道干燥器 10, 利用 $150^\circ C$ 左

右高温烟气的显热,蒸发掉水分,形成干燥的副产物晶体,降温后的烟气进入电晕反应器进行脱除反应。最后,经过湿式电晕反应器净化后的烟气通过引风机 6,最后从烟囱 7 排入大气。

[0020] 如图 2 所示,湿式电晕反应器具有圆筒形壳体 11,壳体下端设有进气口 12,壳体上端设有出气口 13,处理的烟气自下而上流动。壳体内壁紧贴有不锈钢网,壳体上部设置喷水器 15,喷水器 15 设有两个进水口 18,在喷水器靠近壳体内壁四周均匀开设多个出水口 19,吸收液就自上而下沿着不锈钢网流动,形成流水极板 14。最后吸收液在壳体底部的出水口 17 汇集,流入碱液出料池 5。壳体中央设置有针状电晕线 16,针状电晕线 16 接电源负脉冲高压,流水极板 14 接正脉冲高压,湿式脉冲电晕放电一方面能强化小颗粒捕集,另一方面也能强化 SO_2 和 NO 氧化吸收,最终实现了 $\text{PM}_{2.5}$ 、 SO_2 已经 NO_x 的同时吸收脱除。

[0021] 如图 3 所示,针状电晕线包括圆形管 20,圆形管 20 的外圆周面上设有多组对称分布的芒刺 21,每组芒刺数量为四个。芒刺的长度为 3-7mm。针状电晕线的材料为不锈钢,圆形管和芒刺的半径以及长度可根据具体情况加以改变。由于芒刺曲率半径很小,和极板之间容易形成很强的电场,从而引发电晕放电。而且四个芒刺的对称分布,能够产生更多的自由基,并使自由基在反应器截面上的分布更加均匀,有利于污染物的脱除。

[0022] 以 pH 值为 5.6~5.7 的氨水作为吸收液,施加 30kV 脉冲电压,处理烟尘浓度 $10\text{mg}/\text{m}^3$, SO_2 浓度 1000ppm 和的 NO_x 浓度 200ppm 的烟气,能同时取得 80% 以上的 $\text{PM}_{2.5}$ 颗粒脱除率,90% 以上脱硫率以及 80% 以上的脱硝率,并可同时回收硫酸铵晶体。

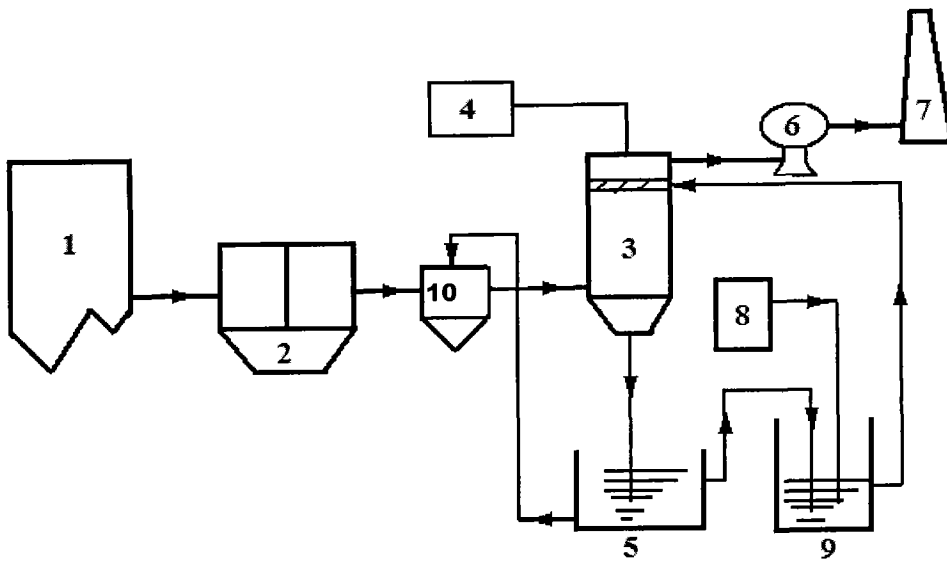


图 1

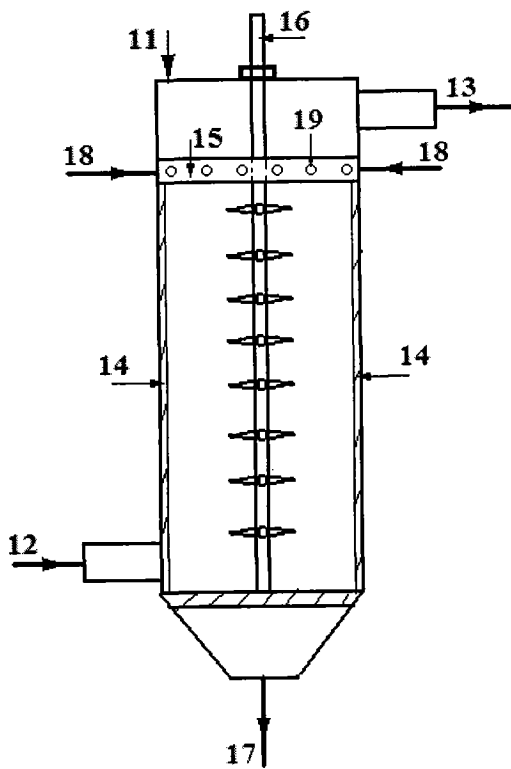


图 2

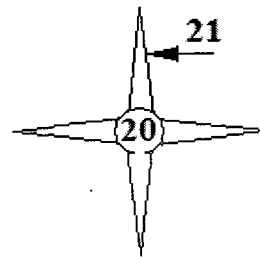


图 3