



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204042942 U

(45) 授权公告日 2014. 12. 24

(21) 申请号 201420407449. 5

B01D 53/64(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 07. 22

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(73) 专利权人 山东神华山大能源环境有限公司

地址 250014 山东省济南市历下区历山路

173 号历山名郡 B 座南四层

专利权人 山东大学

(72) 发明人 常景彩 宋家秋 李洪梅 张波

陈双双 李玲燕

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限

公司 37221

代理人 杨琪

(51) Int. Cl.

F23J 15/02(2006. 01)

B01D 53/75(2006. 01)

B01D 53/60(2006. 01)

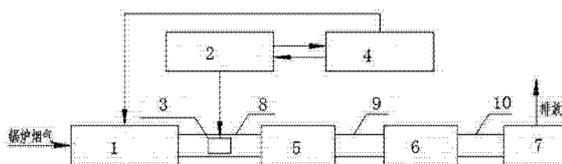
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 实用新型名称

一种利用耦合技术实现锅炉烟气达标排放的装置

(57) 摘要

本实用新型公开了一种利用耦合技术实现锅炉烟气达标排放的装置,包括静电增效除尘器,所述静电增效除尘器通过烟道 I 与引风机相连,所述引风机的另一端通过烟道 II 与脱硫塔的进口相连,所述脱硫塔的出口通过烟道 III 与烟囱相连;所述烟道 I 内布设有混合装置,臭氧发生装置通过臭氧输送管线与混合装置相连,工艺水箱通过输水管线分别与静电增效电除尘器、臭氧发生装置相连。本实用新型通过对现有静电除尘器进行局部改造、增加臭氧发生装置等措施,成功实现了静电增效除尘、臭氧氧化、湿式吸收等三种技术的耦合,技术实施不用新建氧化反应器、吸收塔等单元,因此具有投资省、占地面积小,改造工作量小、运行成本低等优势。



1. 一种利用耦合技术实现锅炉烟气达标排放的装置,其特征在于,包括静电增效除尘器,所述静电增效除尘器通过烟道 I 与引风机相连,所述引风机的另一端通过烟道 II 与脱硫塔的进口相连,所述脱硫塔的出口通过烟道 III 与烟囱相连;所述烟道 I 内布设有混合装置,臭氧发生装置通过臭氧输送管线与混合装置相连,工艺水箱通过输水管线分别与静电增效电除尘器、臭氧发生装置相连;

所述静电增效除尘器电场临近气体出口的阳极为柔性阳极,柔性阳极的清灰方式为浸润液膜清灰。

2. 如权利要求 1 所述的一种利用耦合技术实现锅炉烟气达标排放的装置,其特征在于,所述静电增效除尘器的柔性阳极材料为有机纤维织物。

3. 如权利要求 1 所述的一种利用耦合技术实现锅炉烟气达标排放的装置,其特征在于,所述混合装置为组合喷头装置。

## 一种利用耦合技术实现锅炉烟气达标排放的装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种利用耦合技术实现锅炉烟气达标排放的装置,属于烟气净化技术领域。

### 背景技术

[0002] 自 2014 年 7 月 1 日起,现有火力发电锅炉开始执行《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011) 表 1 规定的烟尘、二氧化硫、氮氧化物和烟气黑度排放限值,且自 2015 年 1 月 1 日起,燃煤发电锅炉排放的汞及其化合物也有了排放限值。与此同时,新的《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2014) 自 2014 年 7 月 1 日起开始实施,标准对新建及在用锅炉排放的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、汞及其化合物等大气污染物有了更加严格的排放要求。

[0003] 随着新的排放标准的陆续出台,“十二五”期间,现役火力发电锅炉及其它燃煤锅炉将有 80% 以上的机组将面临进行脱硫、脱硝、除尘及脱汞技术改造。目前,国内对于燃煤烟气中  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、颗粒物等污染物的有效控制一般采用通过建立不同设备分别加以脱除的方法。例如  $\text{SO}_2$  的脱除主要采用石灰石-石膏湿法;  $\text{NO}_x$  的脱除主要采用低  $\text{NO}_x$  燃烧技术和烟气脱硝技术; 颗粒物主要采用多电场静电除尘或高效袋式除尘或电袋除尘等方法;

[0004] 采用这种“一对一”的独立脱除方法往往面临设备叠加、场地限制、系统复杂、投资巨大等难题。所以,多种污染物的联合脱除技术应运而生。

[0005] 现有的锅炉烟气联合脱除的方法主要分为湿法、干法、半干法三种。典型的代表技术为:(1) 湿法联合脱除方法:CN102091517A 提出了一体化同时脱硫、脱硝、脱汞的吸收液及其制备方法和应用,其技术方案是利用现有湿法脱硫设施,通过对现有碱性脱硫吸收液的改进,采用含氮还原剂+添加剂的混合吸收液洗涤脱除烟气中的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和 Hg。此方法存在的问题为实施过程需要对现有脱硫设施的制浆系统将进行较大改造,且运行成本大幅增加。(2) 干法联合脱除方法:CN102500226A 提出了一种干式烟气脱硫脱硝脱汞一体化装置及方法,其技术方案是向消化增湿器内加入吸收剂、氧化性添加剂、循环灰,形成含湿的混合灰,混合灰喷入反应塔,与塔内烟气中  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和 Hg 等物质反应,使得烟气得到净化。此方法属于气液、气固非均相反应,存在接触反应效率不高、需要新增复杂喷射系统等问题。(3) 半干法联合脱除方法:CN103566725A 提出了一种循环流化床半干法联合脱硫脱硝脱汞装置及方法,其技术方案为通过臭氧分布器向烟道中喷入臭氧,烟气中的 NO 和  $\text{Hg}^0$  在烟道中被氧化为高价态  $\text{NO}_x$  和  $\text{Hg}^{2+}$ ,氧化后的烟气送入循环流化床反应塔,烟气中的  $\text{SO}_2$ 、高价态  $\text{NO}_x$  和  $\text{Hg}^{2+}$  在反应塔中与 Ca 基吸收剂在雾化水的作用下进行反应脱除。此种方法存在的问题是需要新建循环流化床反应器及其配套设施,系统较复杂。

[0006] 除此之外,CN1923341A 公开了一种燃煤锅炉烟气臭氧氧化同时脱硫脱硝装置及其方法,其技术方案为在静电除尘器前或后的低温段喷入臭氧,将锅炉烟气中不溶于水的低价态氮氧化物氧化成为易溶于水的高价态  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  氧化成  $\text{SO}_3$ ,然后再送入碱液洗涤塔中对烟气进行洗涤,吸收烟气中高价态的  $\text{NO}_x$  和  $\text{SO}_3$ ,实现同时脱硫脱硝。此种方法存在的问题

是未考虑臭氧与 NO、SO<sub>2</sub> 的反应速率差异。研究证明,SO<sub>2</sub> 与臭氧反应活化能为 NO 与臭氧的 3.5 倍,150℃ 下的反应速率常数为后者的十万分之一,即臭氧选择性氧化 NO。所以本技术方案的实施势必造成氧化单元效率低下,消耗大量臭氧,系统能耗大增,同时也大大增加了氧化单元后续管道与设备的酸腐蚀风险。

[0007] 公知技术表面,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 与 SO<sub>2</sub> 相比对环境具有更大的危害性,且是产生酸腐蚀的直接原因,又加之烟气中 SO<sub>2</sub> 与 NO 相比是臭氧氧化反应的限速步骤,所以在臭氧氧化单元应尽量避免臭氧与 SO<sub>2</sub> 发生反应。

[0008] 总之,上述技术实施依然存在改造系统复杂、改造费用高、新增占地与能耗大等问题。对于已经建设脱硫或脱硝装置并且运行正常、污染物排放接近或达到现行标准的在用锅炉机组而言技术实施的难度更加突出。因此,开发出一种能充分利用现有锅炉机组环保装置,在不增加大投资、大设备的原则下,对现有锅炉机组环保装置进行利旧改造,最终实现污染物达标排放的工艺及方法迫切需要。

### 发明内容

[0009] 本实用新型的目的在于针对已经建设静电除尘装置及湿法脱硫或半干法脱硫装置的锅炉机组,提供一种利用耦合技术实现锅炉烟气达标排放的装置。可实现锅炉烟气脱硫、脱硝、脱汞、除尘的联合脱除。

[0010] 为实现上述目的,本实用新型采用如下技术方案:

[0011] 一种利用耦合技术实现锅炉烟气达标排放的装置,包括静电增效除尘器,所述静电增效除尘器通过烟道 I 与引风机相连,所述引风机的另一端通过烟道 II 与脱硫塔的进口相连,所述脱硫塔的出口通过烟道 III 与烟囱相连;所述烟道 I 内布设有混合装置,臭氧发生装置通过臭氧输送管线与混合装置相连,工艺水箱通过输水管线分别与静电增效电除尘器、臭氧发生装置相连。

[0012] 所述静电增效除尘器临近气体出口的电场的阳极为柔性阳极,柔性阳极的清灰方式为浸润液膜清灰;

[0013] 所述静电增效除尘器的柔性阳极材料为具有绝缘、疏水、耐腐蚀特性的有机纤维织物。

[0014] 所述混合装置为组合喷头装置或其他能实现气体快速混合的装置。

[0015] 一种利用耦合技术实现锅炉烟气达标排放的工艺,步骤如下:

[0016] (1) 锅炉烟气首先通过静电增效除尘器捕集烟气中的颗粒物,使静电增效除尘器出口的烟尘浓度小于 15mg/Nm<sup>3</sup>;

[0017] (2) 将臭氧发生装置产生的臭氧加入到布设于烟道 I 内的混合装置中,通过混合装置将臭氧快速分散于烟道 I 内,并与经过步骤 (1) 除尘后的烟气中的 Hg 以及 NO 发生氧化反应,Hg 被氧化为高价态可溶性化合物,NO 被氧化为 NO<sub>2</sub>,反应的温度为 100-150℃,优选 120-130℃,反应时间为 1-3s,优选 2s。加入的臭氧与烟气中的 NO 的摩尔比为 0.9-1.1;

[0018] (3) 步骤 (2) 中完成氧化反应的烟气在引风机的吸引下通过烟道 II 进入脱硫塔,在脱硫塔内 SO<sub>2</sub>、高价态的汞化合物以及 NO<sub>2</sub> 被吸收并以浆液的形式排出脱硫塔,完成除尘、脱硫,脱硝的烟气最终通过烟道 III 又烟囱排出。

[0019] 所述步骤 (1) 中,水由工艺水箱中被输送至静电增效除尘器,作为阳极冲洗水;

[0020] 所述步骤 (2) 中,水由工艺水箱中被输送至臭氧发生装置,并循环使用。

[0021] 本实用新型的有益效果:

[0022] (1) 本实用新型通过对现有静电除尘器进行局部改造、增加臭氧发生装置等措施,成功实现了静电增效除尘、臭氧氧化、吸收等三种技术的耦合。开创了利旧现有环保装置实现污染物联合脱除新的观念;

[0023] (2) 本实用新型的技术实施不用新建氧化反应器、吸收塔等单元,因此具有投资省、占地面积小,改造工作量小、运行成本低等优势;

[0024] (3) 本实用新型将静电增效细颗粒物脱除、NO 臭氧氧化、气态污染物吸收等单元融为一体,相辅相成,前一单元为后一单元的高效运行、功能实现创造条件,即在多重技术共同配合下实现了烟气的达标排放。突出表现为静电增效细颗粒物的去除,最大程度上避免了臭氧、SO<sub>2</sub>、水三者以细颗粒物为载体发生非均相反应产生 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 的可能,细颗粒物在前一单元的高效脱除使后一单元的氧化反应更加具有针对性,更加高效。在脱硫塔中,SO<sub>2</sub> 吸收相存在着 SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、HSO<sub>3</sub><sup>-</sup> 等还原性物质,它们会促使 NO<sub>2</sub> 与之反应,使传质速率变大,增强 NO<sub>2</sub> 脱除效果;另一方面,由于烟气中 NO<sub>x</sub> 的浓度远小于 SO<sub>2</sub>,对吸收液的 pH 改变较弱,使得对 SO<sub>2</sub> 的脱除效率并没有明显降低。

[0025] (4) 本实用新型技术实施具有显著的减排效果,脱硝效率可达 85% 以上,脱汞效率可达 90% 以上,烟尘浓度小于 15mg/Nm<sup>3</sup>,最终排放烟气可满足最新的环保标准;

[0026] (5) 静电增效电除尘器及臭氧发生装置可利用全厂工艺水箱来水,且臭氧冷却装置冷却水可循环利用,技术实施可最大程度提高水的重复利用率、减少水的耗量。

#### 附图说明

[0027] 图 1 是本实用新型的利用耦合技术实现锅炉烟气达标排放的装置结构示意图;

[0028] 其中,1- 静电增效除尘器,2- 臭氧发生装置,3- 混合装置,4- 工艺水箱,5- 引风机,6- 脱硫塔,7- 烟囱,8- 烟道 I,9- 烟道 II,10- 烟道 III。

#### 具体实施方式

[0029] 结合实施例对本实用新型作进一步的说明,应该说明的是,下述说明仅是为了解释本实用新型,并不对其内容进行限定。

[0030] 实施例 1

[0031] 如图 1 所示,一种利用耦合技术实现锅炉烟气达标排放的装置,包括静电增效除尘器 1,所述静电增效除尘器 1 通过烟道 I 与引风机 5 相连,所述引风机 5 的另一端通过烟道 II 与脱硫塔 6 的进口相连,所述脱硫塔 6 的出口通过烟道 III 与烟囱 7 相连;所述烟道 I 内布设有混合装置 3,臭氧发生装置 2 通过臭氧输送管线与混合装置 3 相连,工艺水箱 4 通过输水管线分别与静电增效电除尘器 1、臭氧发生装置 2 相连。

[0032] 本实用新型的静电增效除尘器 1 仍保留静电除尘器主体,主要用于脱除 10 μ m 以上颗粒的颗粒,只把静电除尘器临近气体出口的电场改为湿式静电除尘方式,用于防止微细颗粒二次扬尘,提高整体除尘器的脱除效率,同时为后续气态污染物的氧化反应提供稳定可靠的入口条件;具体来讲,针对现有静电除尘器主要的改造为:①将静电除尘器的临近气体出口的电场的阳极改造成柔性阳极,阳极材料为具有绝缘、疏水、耐腐蚀特性的有机

纤维织物。②柔性阳极的清灰方式采用浸润液膜清灰，即水膜冲洗阳极后自流出装置外。浸润液膜清灰方法突破了传统静电除尘器喷雾液膜冲刷清灰的方式，大幅度的减少了冲洗水耗量，降低了除尘器运行成本。③从工艺水箱引一股工艺水作为极板冲洗水。干湿刚柔耦合阳极板静电场作用机制，可有效避免传统干式电除尘器振打清灰产生的“二次飞扬”，保障除尘器出口气体烟尘浓度低限值排放。

[0033] 利用该装置对锅炉烟气进行净化处理，实现锅炉烟气达标排放的工艺，以某电站的锅炉烟气排放为例，具体如下：

[0034] 某电站锅炉烟气量为  $8000\text{Nm}^3/\text{h}$ ，烟气温度  $130^\circ\text{C}$ ，烟气中烟尘浓度  $10\text{g}/\text{Nm}^3$ ， $\text{SO}_2$  浓度为  $2000\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氮氧化物（以  $\text{NO}$  计量）浓度为  $400\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。锅炉烟气进入到静电增效电除尘器 1 中，烟气中的颗粒物被捕集，静电增效电除尘器 1 出口处烟气浓度小于  $15\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，以氧气为气源的臭氧发生装置 2 产生臭氧，产生的臭氧的物质的量与烟气中  $\text{NO}$  的物质的量之比为 1:1，产生的臭氧进入到布设烟道 I 中的混合装置 3 中。通过混合装置 3，臭氧被快速分散于烟道 I 内，并与经过除尘后的烟气中的低价态气态污染物  $\text{NO}$  等发生氧化反应，反应的温度为  $120^\circ\text{C}$ ，反应可在瞬间完成，70% 以上的一氧化氮被氧化为  $\text{NO}_2$ ， $\text{Hg}$  被氧化为  $\text{Hg}^{2+}$ ，完成氧化反应的烟气在引风机 5 的吸引下通过烟道 II 进入石灰石—石膏湿式脱硫塔 6。在脱硫塔 6 内， $\text{SO}_2$ 、 $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{NO}_2$  被吸收并以浆液的形式排出脱硫塔。一路工艺水从工艺水箱 4 被输送至静电增效电除尘器 1 作为阳极冲洗水；第二路工艺水被输送至臭氧发生装置 2 作为冷却水，并循环使用。完成除尘、脱硫，脱销的烟气最终通过烟道 III 由烟囱 7 排放，排放的烟气中烟尘浓度小于  $15\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氮氧化物（以  $\text{NO}_2$  计量）小于  $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ ， $\text{SO}_2$  浓度小于  $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

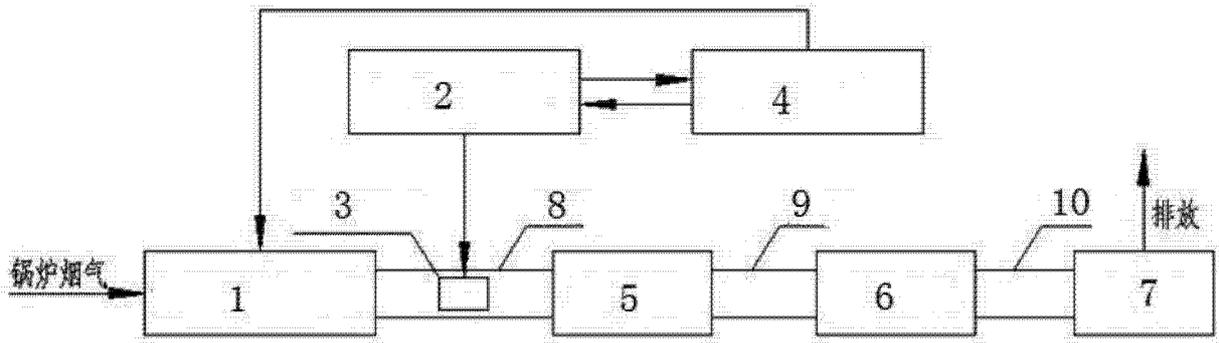


图 1