

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B01D 53/83

B01D 53/54 B01D 53/60



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03125332.6

[43] 公开日 2005年3月9日

[11] 公开号 CN 1589954A

[22] 申请日 2003.8.26 [21] 申请号 03125332.6

[71] 申请人 武汉凯迪电力股份有限公司

地址 430223 湖北省武汉市东湖新技术开发区江夏大道特1号凯迪大厦

[72] 发明人 张泽 张颀 林冲 李雄浩 胡永锋

[74] 专利代理机构 武汉开元专利代理有限责任公司

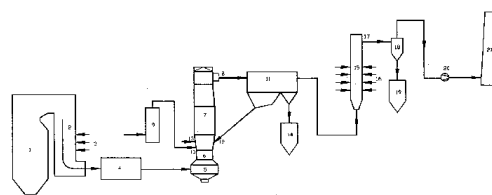
代理人 胡镇西

权利要求书2页 说明书6页 附图1页

[54] 发明名称 同时脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺及其系统

[57] 摘要

本发明公开了一种同时脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺及其系统，该工艺采用双氧水或甲醇作为添加剂，使烟气中的一氧化氮转化为二氧化氮；再采用钙基颗粒作为脱硫剂，利用二氧化氮的催化特性，与烟气中的二氧化硫反应生成脱硫副产物硫酸钙，最后采用氨水或尿素作为脱硝剂，将经过脱硫处理的烟气中的二氧化氮转化成脱硝副产物硝酸氨，同时获得经过脱硫脱硝处理的洁净烟气。其系统由设置在燃烧设备排烟通道上的添加剂喷射装置、循环流态化干法烟气脱硫系统和干法烟气脱硝系统等有机地结合而成。采用该工艺及系统能达到满意的脱硫、脱硝和除尘效率，烟气净化后的反应副产物可直接利用，并且其工艺流程简单，耗水量较少，投资及运行成本较低。



ISSN 1008-4274

1. 一种同时脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺，依次包括以下步骤：

1) 采用双氧水或甲醇作为添加剂，将其喷射到从燃烧设备所排放出的烟气中，使烟气中的一氧化氮气体与双氧水或甲醇发生化学反应生成二氧化氮气体；

2) 采用钙基颗粒作为脱硫剂，对经过添加剂处理后的烟气进行常温循环流态化的干法烟气脱硫处理，烟气脱硫反应的温度在高于烟气露点温度 $2\sim 20^{\circ}\text{C}$ 的范围内运行，使烟气中的二氧化硫气体在二氧化氮气体的催化作用下与钙基颗粒发生化学反应生成脱硫副产物硫酸钙，同时分离出经过脱硫处理的烟气；

3) 采用氨水或尿素作为脱硝剂，将其喷射到经过脱硫处理的烟气中进行脱硝处理，使烟气中的二氧化氮气体与氨水或尿素发生化学反应生成脱硝副产物硝酸氨，同时分离出经过脱硫脱硝处理的洁净烟气。

2. 根据权利要求1所述的同時脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺，其特征在于：对所说的步骤1)中经过添加剂处理后的烟气，先进行灰尘预除尘处理，然后再进行所说的步骤2)中的脱硫处理。

3. 根据权利要求1或2所述的同時脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺，其特征在于：所说的步骤1)中，将添加剂喷射到从燃烧设备所排放出的温度区间为 $350\sim 700^{\circ}\text{C}$ 的烟气中。

4. 根据权利要求1或2所述的同時脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺，其特征在于：所说的步骤1)中，将双氧水喷射到从燃烧设备所排放出的温度区间为 $350\sim 600^{\circ}\text{C}$ 的烟气中；或将甲醇喷射到从燃烧设备所排放出的温度区间为 $500\sim 650^{\circ}\text{C}$ 的烟气中。

5. 根据权利要求1或2所述的同時脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺，其特征在于：所说的步骤1)中，添加剂与从燃烧设备所排放出的烟气中的一氧化氮气体的摩尔比为 $0.8\sim 1.0$ 。

6. 根据权利要求1或2所述的同時脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺，其特征在于：所说的步骤3)中，脱硝剂与原来从燃烧设备所排放出的烟气中的一氧化氮气体的摩尔比为 $0.8\sim 0.95$ 。

7. 一种采用权利要求1所述工艺而专门设计的同時脱硫脱硝的干法烟气洁净系统，包括由脱硫剂制备装置(9)、脱硫反应塔(7)、外部脱硫剂分离及再循环装置(11)、脱硫产物收集渣仓(14)等构成的循环流态化干法烟气脱硫系统，其特征在于：它还包括双氧水或甲醇添加剂喷射装置(3)和由脱硝反应塔(15)、脱硝剂喷射装置(16)、脱硝产物分离装置(18)、

脱硝产物收集装置(19)构成的干法烟气脱硝系统;双氧水或甲醇添加剂喷射装置(3)设置在与脱硫反应塔(7)的烟气进出口相连的燃烧设备(1)的排烟通道(2)上,烟气经过添加剂处理后进入脱硫反应塔(7)中;脱硝反应塔(15)的底部进口与外部脱硫剂分离及再循环装置(11)的脱硫烟气管道相连,脱硝剂喷射装置(16)设置在脱硝反应塔(15)的下部侧壁上,脱硝反应塔(15)的顶部出口与脱硝产物分离装置(18)相连,脱硝产物分离装置(18)的脱硝产物出口与脱硝产物收集装置(19)相连,洁净烟气出口通过主引风机(20)与烟囱(21)相通。

8. 根据权利要求7所述的同时脱硫脱硝的干法烟气洁净系统,其特征在于:它还包括烟气预除尘处理装置(4),烟气预除尘处理装置(4)设置在双氧水或甲醇添加剂喷射装置(3)和脱硫反应塔(7)的烟气进出口之间的排烟通道(2)上,烟气先经过添加剂处理,然后经过预除尘处理,再进入脱硫反应塔(7)中。

9. 根据权利要求7或8所述的同时脱硫脱硝的干法烟气洁净系统,其特征在于:所说的脱硝反应塔(15)内设置有烟气湍流强化装置。

10. 根据权利要求9所述的同时脱硫脱硝的干法烟气洁净系统,其特征在于:所说的烟气湍流强化装置是烟气再循环射流器或阻流板。

同时脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺及其系统

技术领域

本发明属于烟气净化技术领域，涉及各种燃烧设备特别是燃煤锅炉所排放烟气的处理，具体地指一种同时脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺及其系统。

背景技术

工业发展对环境的影响主要有以下两类：一类是越境污染，如二氧化硫 SO_2 、氧化氮类 NO_x 所产生的酸雨，一类是当地污染，如排烟中的粉尘、灰、渣及废水污染，其中大部分与燃烧设备特别是燃煤锅炉所排放的烟气有关。因此，烟气净化是世界上燃煤电厂迫切需要解决的问题。

我国是一个以煤炭为主要能源的国家，燃煤发电是我国煤炭利用的最重要途径之一。根据我国的国情，二十一世纪燃煤发电仍将占主导地位。在燃煤火电机组排放的众多大气污染物中， SO_2 、 NO_x 以及粉尘对环境的危害较大，是要控制的主要污染物。随着社会的进步和经济的发展，火电厂对大气环境的污染已受到人们的普遍关注，因此有效地降低污染物排放以改善对环境的影响是我国能源领域可持续发展所面临的严峻挑战。

目前，已有的烟气净化技术都是针对脱硫（脱除烟气中的 SO_2 ）、脱硝（脱除烟气中的 NO_x ）、以及去除烟气中的灰尘这几方面的问题单独进行研究的，都有各自的一套系统及工艺流程。如果想将烟气中的 SO_2 、 NO_x 同时脱除以达到允许的排放标准，则需要至少两套独立的脱除系统及工艺流程，不仅系统工艺流程复杂、系统占地面积庞大、设备投入重复、运行费用高昂，而且如何将这些互不干联的系统合理地组织起来以达到较高的烟气净化效率也还存在很多的问题。

另外，对于烟气脱硫技术而言，目前国内外大量采用钙基颗粒作为脱硫剂，进行循环流态化的干法烟气脱硫。其烟气净化后的脱硫副产物的成分主要为亚硫酸钙 CaSO_3 ，而 CaSO_3 很难加以再利用，并成为目前干法烟气脱硫技术工程应用中的最大障碍。

对于烟气脱硝技术而言，目前国内主要是针对燃烧过程的低 NO_x 生成而进行了大量研究，通过各种低 NO_x 技术设计出了各种低 NO_x 燃烧器，但上述燃烧技术并不能很好地满足洁净烟气的环保要求，并且受煤质特性、运行条件等等因素的影响，与日益严格的环保要求的距离越来越远。而国外所采用的燃煤发电机组的烟气脱硝方法和设备，主要是选择性催化还原方法 SCR

或选择性非催化还原方法 SNCR，这些方法虽然可以实现很高的脱销效率、满足非常严格的环保标准，但其烟气脱硝系统庞大、设备组成复杂、投资及运行成本高昂，对于满足我国能源利用与空气污染的治理的协调发展要求存在一定的困难。

发明内容

本发明的目的就是要克服上述现有技术中所存在的缺陷，提供一种同时脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺及其系统，采用该工艺及系统能达到满意的脱硫、脱硝和除尘效率，烟气净化后的反应副产物可直接利用，并且其工艺流程简单，耗水量较少，投资及运行成本较低。

为实现此目的，本发明所设计的同时脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺，依次包括以下步骤：

1) 采用双氧水 H_2O_2 或甲醇 CH_3OH 作为添加剂，将其喷射到从燃烧设备所排放出的烟气中，使烟气中的一氧化氮 NO 气体与双氧水 H_2O_2 或甲醇 CH_3OH 发生化学反应生成二氧化氮 NO_2 气体；

2) 采用钙基颗粒如氢氧化钙 $Ca(OH)_2$ 或氧化钙 CaO 作为脱硫剂，对经过添加剂处理后的烟气进行常温循环流态化的干法烟气脱硫处理，烟气脱硫反应的温度在高于烟气露点温度 $2\sim 20^\circ C$ 的范围内运行，使烟气中的二氧化硫 SO_2 气体在二氧化氮 NO_2 气体的催化作用下与氢氧化钙 $Ca(OH)_2$ 或氧化钙 CaO 发生化学反应生成脱硫副产物硫酸钙 $CaSO_4$ ，同时分离出经过脱硫处理的烟气；

3) 采用氨水或尿素作为脱硝剂，将其喷射到经过脱硫处理的烟气中进行脱硝处理，使烟气中的二氧化氮 NO_2 气体与氨水或尿素发生化学反应生成脱硝副产物硝酸氨，同时分离出经过脱硫脱硝处理的洁净烟气。

上述工艺中，对所说的步骤 1) 中经过添加剂处理后的烟气，先进行灰尘预除尘处理，然后再进行所说的步骤 2) 中的脱硫处理。这样，一方面可将烟气中的绝大部分灰尘清除干净，另一方面可使脱硫副产物硫酸钙的纯度更高，更便于直接利用。

上述工艺中，在所说的步骤 1) 中，将添加剂喷射到从燃烧设备所排放出的温度区间为 $350\sim 700^\circ C$ 的烟气中。更具体地，将双氧水喷射到温度区间为 $350\sim 600^\circ C$ 的烟气中，或将甲醇喷射到温度区间为 $500\sim 650^\circ C$ 的烟气中。这样，双氧水或甲醇在各自的最佳反应温度范围内与烟气中的一氧化氮充分完全的反应，可将绝大部分的一氧化氮转化为二氧化氮，提高整个工艺的脱硫脱硝效率。

上述工艺中，在所说的步骤 1) 中，所喷入的添加剂与从燃烧设备所排放出的烟气中的一氧化氮气体的摩尔比为 $0.8\sim 1.0$ ；在所说的步骤 3) 中，所

喷入的脱硝剂与所说的从燃烧设备所排放出的烟气中的一氧化氮气体的摩尔比为 0.8~0.95。这样，一方面从需要量的角度保证了添加剂、脱硝剂与氧化氮类 NO_x 完全充分反应，另一方面也避免了投入过多添加剂、脱硝剂而生产的新污染和资源浪费。

为实现上述工艺而专门设计的同时脱硫脱硝的干法烟气洁净系统，包括由脱硫剂制备装置、脱硫反应塔、外部脱硫剂分离及再循环装置、脱硫产物收集渣仓等构成的循环流态化干法烟气脱硫系统，还包括双氧水或甲醇添加剂喷射装置和由脱硝反应塔、脱硝剂喷射装置、脱硝产物分离装置、脱硝产物收集装置等构成的干法烟气脱硝系统。双氧水或甲醇添加剂喷射装置设置在与脱硫反应塔的烟气进出口相连的燃烧设备的排烟通道上，烟气经过添加剂处理后进入脱硫反应塔中进行脱硫过程。脱硝反应塔的底部进口与外部脱硫剂分离及再循环装置的脱硫烟气管道相连，脱硝剂喷射装置设置在脱硝反应塔的下部侧壁上，脱硝反应塔的顶部出口与脱硝产物分离装置相连，脱硝产物分离装置的脱硝产物出口与脱硝产物收集装置相连，洁净烟气出口通过主引风机与烟囱相通。

进一步地，上述干法烟气洁净系统还包括烟气预除尘处理装置，烟气预除尘处理装置设置在双氧水或甲醇添加剂喷射装置和脱硫反应塔的烟气进出口之间的排烟通道上，烟气先经过添加剂处理，然后经过预除尘处理，再进入脱硫反应塔中。

进一步地，上述干法烟气洁净系统的脱硝反应塔内设置有烟气湍流强化装置，烟气湍流强化装置可以是现有的烟气再循环射流器或阻流板等装置，以提高二氧化氮与氨水或尿素的气气反应和气液反应速率，并将绝大部分的二氧化氮转化为脱硝副产物硝酸氨，从而大幅提高烟气的脱硝效率。

与现有技术相比，本发明的优点在于：

第一，本发明将烟气的脱硫、脱硝和除尘过程及所采用的系统有机地组合成一个完整的工艺体系，极大地简化了为满足同时脱硫、脱硝和除尘而分别设置的各个独立脱除系统及工艺流程，进而极大地减少设备的投资和运行费用。

第二，本发明能在 $\text{Ca/S} = 1.1\sim 1.3$ 的较低钙硫比条件下达到 90~92% 以上的较高干法脱硫效率，在脱硝剂与烟气中一氧化氮 NO 的摩尔比为 0.8~0.95 的较低条件下达到 95% 以上的较高脱硝效率，同时烟气中粉尘排放量控制在 50mg/m^3 以下，完全符合二氧化硫 SO_2 、氧化氮类 NO_x 和粉尘排放的国家标准。

第三，本发明的脱硫副产物中 80% 以上为硫酸钙，脱硝副产物中 95% 以上为硝酸氨，而硫酸钙和硝酸氨均可以直接用于工业或农业的相关领域，从

而实现了烟气净化技术的反应副产物的低成本再利用，与当前国内外日益增长的环保要求合拍。

第四，本发明的烟气洁净处理工艺均是在干法或半干法状态下进行的，从而大大地减少了整个系统的耗水量。

因此，本发明能够实现烟气同时脱硫脱硝除尘的净化要求，达到较高的脱硫、脱硝和除尘效率，其脱硫脱硝的副产物都可回收利用，且其工艺简单、设备简化、耗水量低、投资和运行成本低，并可能真正取代采用目前的干法烟气脱硫技术、湿法烟气脱硫技术和烟气脱销技术。

附图说明

附图为本发明的一种同时脱硫脱硝的干法烟气洁净系统的结构示意图。

图中：燃煤锅炉炉膛 1，燃煤锅炉尾部烟道 2，双氧水或甲醇添加剂喷射装置 3，烟气预除尘处理装置 4，烟气混合室 5，烟气引射加速装置 6，脱硫反应塔 7，脱硫反应塔烟气出口 8，脱硫剂制备装置 9，脱硫剂颗粒喷入口 10，外部脱硫剂分离及再循环装置 11，脱硫剂再循环入口 12，水雾化喷射装置 13，脱硫产物收集渣仓 14，脱硝反应塔 15，脱硝剂喷射装置 16，脱硝反应塔烟气出口 17，脱硝产物分离装置 18，脱硝产物收集装置 19，主引风机 20，烟囱 21。

具体实施方式

下面针对一台燃煤锅炉发电机组，结合附图对本发明所述的同時脱硫脱硝的干法烟气洁净工艺及其系统作进一步的详细描述：

图中所示的同时脱硫脱硝的干法烟气洁净系统，具有由脱硫剂制备装置 9、脱硫反应塔 7、外部脱硫剂分离及再循环装置 11、脱硫产物收集渣仓 14 等构成的循环流态化干法烟气脱硫系统，此部分与现有技术类似，于此不作赘述。在燃煤锅炉炉膛 1 的尾部烟道 2 上设置有本系统的双氧水或甲醇添加剂喷射装置 3，在双氧水或甲醇添加剂喷射装置 3 和上述脱硫系统的脱硫反应塔 7 的烟气进出口之间的烟道上设置有烟气预除尘处理装置 4。在上述脱硫系统的后面布置有由脱硝反应塔 15、脱硝剂喷射装置 16、脱硝产物分离装置 18、脱硝产物收集装置 19 构成的干法烟气脱硝系统，脱硝反应塔 15 的底部进口与上述外部脱硫剂分离及再循环装置 11 的脱硫烟气管道相连，脱硝剂喷射装置 16 设置在脱硝反应塔 15 的下部侧壁上，脱硝反应塔 15 的顶部出口与脱硝产物分离装置 18 相连，脱硝产物分离装置 18 的脱硝产物出口与脱硝产物收集装置 19 相连，洁净烟气出口通过主引风机 20 与烟囱 21 相通。上述脱硝反应塔 15 为一空腔反应容器，当然其内也可以设置一些提高化学反应效率的烟气湍流强化装置，如烟气再循环射流器或阻流板等。

本同时脱硫脱硝除尘的干法烟气洁净系统的工作原理是这样的：

首先,从燃煤锅炉炉膛1生成的烟气在通过燃煤锅炉尾部烟道2的过程中,根据不同煤质燃烧所形成的烟气中各组份的份额,采用双氧水或甲醇添加剂喷射装置3,在尾部烟道2中烟气温度区间为350~700℃的这一段区域喷入液态添加剂雾化颗粒。具体地将双氧水 H_2O_2 喷射到温度区间为350~600℃的烟气中,或将甲醇 CH_3OH 喷射到温度区间为500~650℃的烟气中,并保证添加剂颗粒在烟气流场中均匀分布,与烟气中的一氧化氮 NO 气体充分反应。所喷入的添加剂量与烟气中的一氧化氮 NO 的摩尔比为0.8~1.0,以保证烟气中的一氧化氮 NO 气体被充分氧化成二氧化氮 NO_2 气体。

其次,将经过充分氧化后的烟气送入烟气预除尘处理装置4,烟气预除尘处理装置4可采用静电除尘器、布袋除尘器、惯性分离除尘器或者它们的组合,除去烟气中90%以上的飞灰。

然后,将预除尘后的烟气送入上述脱硫反应塔7下部的烟气混合室5中,经过烟气引射加速装置6,如文丘里喷嘴,使烟气加速进入脱硫反应塔7的底部,维持烟气射流的出口速度为10~55m/s。同时,将脱硫剂原料氧化钙 CaO 粉送入脱硫剂制备装置9中,经消化反应生成粒径为1~10 μm 的高活性氢氧化钙 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 颗粒后,由脱硫剂颗粒喷入口10喷入到脱硫反应塔7的下部;将雾化冷却水通过水雾化喷射装置13喷入到脱硫反应塔7的下部;将从外部脱硫剂分离及再循环装置11分离出来的再循环颗粒通过脱硫剂再循环入口12送入脱硫反应塔7的下部。这样,在脱硫反应塔7下部烟气与新鲜的高活性脱硫剂颗粒、雾化冷却水、再循环脱硫剂颗粒混合,三者发生强烈的三相湍流传热传质交换。上述塔内烟温降到55~70℃之间,高于塔内烟气露点温度5~15℃,某些情况下也可以在烟温80℃左右运行。大部分脱硫剂颗粒的粒径在1~5 μm 之间,烟气、水颗粒、脱硫剂颗粒和再循环颗粒在烟气射流的带动下,向上运动,整个脱硫反应塔7内呈流化悬浮态。

而在脱硫反应塔7的塔体中上部,塔内颗粒基本呈现较大的回落趋势,大部分颗粒沿侧壁附近向下运动,并到塔下部又重新被烟气带动向上运动往复,在塔内形成高强度的三相湍流交换状态,发生强烈的混合、传热、传质及化学反应的复杂物理化学过程。在塔内烟气中的二氧化硫 SO_2 与脱硫剂颗粒氢氧化钙 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应,在二氧化氮 NO_2 气体的催化作用下生成硫酸钙 CaSO_4 和少量亚硫酸钙 CaSO_3 ,其中脱硫副产物中硫酸钙约占80%以上,亚硫酸钙约占10%左右。同时,还可以脱出烟气中少量的 SO_3 以及可能存在的 HCl 、 HF 等有害气体成分,脱硫效率至少可以达到90%以上。

再后,烟气由脱硫反应塔7顶部的烟气出口8引出,进入外部脱硫剂分离及再循环装置11中,外部脱硫剂分离及再循环装置11可采用静电除尘器、布袋除尘器、惯性分离除尘器或者它们的组合,烟气中携带的颗粒被分离出

来，其中一部分未完全反应的脱硫剂颗粒通过脱硫剂再循环入口 12 送回脱硫反应塔 7 中，而已经反应完成的大部分 $1\sim 2\mu\text{m}$ 的小颗粒不再参与循环，即脱硫副产物及飞灰则送入脱硫产物收集渣仓 14 储存、转运走。从外部脱硫剂分离及再循环装置 11 出来的已脱硫除尘的烟气可达到 90%以上的高脱硫效率，烟气中的粉尘含量小于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，并且烟气中的氧化氮类 NO_x 成份绝大部分已经转变为二氧化氮 NO_2 成份。

最后，将上述经过脱硫除尘处理的烟气喷入脱硝反应塔 15 的底部，同时通过布置在脱硝反应塔 15 下部侧壁上的脱硝剂喷射装置 16 喷入脱硝剂氨水或尿素，使脱硝剂与烟气中的二氧化氮在脱硝反应塔 15 内发生强烈混合传质，产生剧烈的气气反应和气液反应，脱硝剂与原来所排放烟气中的一氧化氮 NO 气体的摩尔比为 $0.8\sim 0.95$ ，以保证烟气中的二氧化氮 NO_2 气体与脱硝剂充分反应生成硝酸氨，其脱硝效率可以达到 95%以上。上述脱硝剂喷射装置 16 的喷嘴可布置一层或多层，以根据运行情况的变化来调节所投用喷嘴的层数及位置。经过充分脱硝后的烟气从脱硝反应塔 15 的烟气出口 17 引出，进入脱硝产物分离装置 18，脱硝产物分离装置 18 可采用静电除尘器、布袋除尘器、惯性分离除尘器或者它们的组合形式，将分离下来的脱硝副产物，即 95%以上的硝酸氨，通过脱硝产物收集装置 19 收集起来。将分离出的达标洁净烟气经主引风机 20，送入烟囱 21，最后排入大气。

