

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C01B 17/60 (2006.01)

C01B 21/24 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02827904.2

[45] 授权公告日 2007 年 7 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1326767C

[22] 申请日 2002.12.6 [21] 申请号 02827904.2

[30] 优先权

[32] 2001.12.6 [33] US [31] 09/683,267

[86] 国际申请 PCT/US2002/039095 2002.12.6

[87] 国际公布 WO2003/050039 英 2003.6.19

[85] 进入国家阶段日期 2004.8.6

[73] 专利权人 鲍尔斯潘公司

地址 美国新罕布什尔

[72] 发明人 乔安娜·邓肯

克里斯托弗·麦克拉诺恩

弗朗西斯·阿利克斯

[56] 参考文献

US 5871703A 1999.2.16

US 5041271A 1991.8.20

US 4035470A 1977.7.12

审查员 李应会

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 于 辉

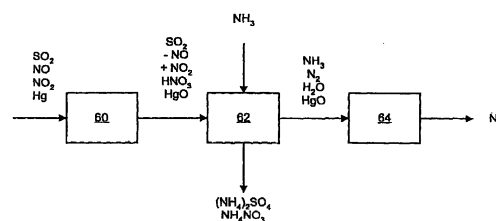
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 2 页

[54] 发明名称

使用氨除去 NO_x 、Hg 和 SO_2 的方法

[57] 摘要

一种从气体流中除去 SO_2 、NO 和 NO_2 的方法和设备，包括步骤：将燃料气体流中的一部分 NO 氧化(60)成 NO_2 ，用氨洗涤液洗涤(62) SO_2 、NO 和 NO_2 ，并在湿静电沉淀器中除去(64)所述洗涤步骤产生的任意氨气溶胶。所述方法还可以通过将 Hg 氧化成 HgO 并在湿静电沉淀器中将其除去来除去 Hg。同时，可以从洗涤液中移出硫酸铵，一种有价值的肥料。



- 1、一种除去气体流中的 SO_2 、 NO 和 NO_2 的方法，包括步骤：
 - a. 用介电屏障放电反应器将气体流中的至少一部分 NO 氧化成 NO_2 ，使得 SO_2 与 NO_2 的摩尔比为 2.5: 1 至 4: 1，接着
 - b. 用洗涤液洗涤气体流中的至少一部分 SO_2 、 NO 和 NO_2 ，其中所述洗涤液含有氨，并且 pH 大于 5 且小于等于 8，和
 - c. 用气溶胶除去装置除去气体流在洗涤步骤中产生的至少一部分任意氨气溶胶。
- 2、如权利要求 1 的方法，还包括步骤：用所述介电屏障放电反应器将至少一部分 NO 氧化成 HNO_3 。
- 3、如权利要求 1 的方法，其中还包括向气体流中加入乙烯或丙烯的步骤。
- 4、如权利要求 1 的方法，所述洗涤液含有氨、亚硫酸铵、硫酸铵和水，并且 pH 大于 5 且小于等于 8。
- 5、如权利要求 1 的方法，其中所述气溶胶除去装置是湿静电沉淀器。
- 6、如权利要求 1 的方法，其中所述洗涤步骤使得形成硫酸铵，该方法还包括步骤：从洗涤液中移出硫酸铵。
- 7、如权利要求 2 的方法，其中所述洗涤步骤使得形成硝酸铵，该方法还包括步骤：从洗涤液中移出硝酸铵。

8、一种除去气体流中的 SO_2 、 NO 、 NO_2 和 Hg 的方法，包括步骤：

a. 用介电屏障放电反应器将气体流中的至少一部分 NO 氧化成 NO_2 ，使得 SO_2 与 NO_2 的摩尔比为 2.5: 1 至 4: 1，并将气体流中的至少一部分 Hg 氧化成 HgO ，接着

b. 用洗涤液洗涤气体流中的至少一部分 SO_2 、 NO 和 NO_2 ，所述洗涤液含有氨，并且 pH 大于 5 且小于等于 8，和

c. 用气溶胶除去装置除去气体流在洗涤步骤中产生的至少一部分任意氨气溶胶以及 HgO 。

9、如权利要求 8 的方法，其中所述氧化步骤还包括向气体流中加入乙烯或丙烯。

10、如权利要求 8 的方法，其中所述气溶胶除去装置是湿静电沉淀器。

11、如权利要求 8 的方法，所述洗涤液含有氨、亚硫酸铵、硫酸铵和水，并且 pH 大于 5 且小于等于 8。

12、如权利要求 11 的方法，其中所述洗涤步骤使得形成硫酸铵，该方法还包括步骤：从洗涤液中移出硫酸铵。

13、一种除去气体流中的 SO_2 、 NO 和 NO_2 的设备，包括：

a. 将气体流中的至少一部分 NO 氧化成 NO_2 的介电屏障放电反应器，

b. 适合用洗涤液洗涤气体流中的至少一部分 SO_2 、 NO 和 NO_2

的洗涤器，所述洗涤液含有氨，并且 pH 大于 5 且小于等于 8，和

c. 除去气体流在洗涤器中产生的至少一部分任意氨气溶胶的气溶胶除去装置。

14、如权利要求 13 的设备，其中所述介电屏障放电反应器是用于将至少一部分 NO 氧化成 NO₂ 和 HNO₃。

15、如权利要求 13 的设备，所述洗涤液含有氨、亚硫酸铵、硫酸铵和水，并且 pH 大于 5 且小于等于 8。

16、如权利要求 13 的设备，其中所述气溶胶除去装置是至少一个湿静电沉淀器。

17、一种除去气体流中的 SO₂、NO、NO₂ 和 Hg 的设备，包括：

a. 将气体流中的至少一部分 NO 氧化成 NO₂，并将气体流中的至少一部分 Hg 氧化成 HgO 的介电屏障放电反应器，

b. 适合用洗涤液洗涤气体流中的至少一部分 SO₂、NO 和 NO₂ 的洗涤器，所述洗涤液含有氨，并且 pH 大于 5 且小于等于 8，和

c. 除去气体流在洗涤步骤中产生的至少一部分任意氨气溶胶以及 HgO 的气溶胶除去装置。

使用氨除去 NO_x、Hg 和 SO₂ 的方法

技术领域

本发明涉及除去气体流中的 NO_x 和 SO₂ 的方法和设备。

背景技术

许多工业过程燃烧化石燃料。例如，发电厂燃烧大量煤、油和天然气。二氧化硫(“SO₂”)、氧化氮(“NO”)和二氧化氮(“NO₂”)是燃烧任意类型的化石燃料中的一些不想要的副产物。在化石燃料中还经常发现汞(“Hg”)。已知这些副产物对人、动物和植物的健康有很大的副作用，并且已进行了大量研究，发现一种在这些副产物进入大气之前从燃料气流中经济地将它们除去的方法。

SO₂ 经常是通过将气体流用含氨的硫酸铵水溶液洗涤从该气体中除去的(“脱硫”)。该方法的实例公开在美国专利 4,690,807、5,362,458、6,277,343 和 6,221,325 中，在本背景技术部分提及这些专利并不作为相关的现有技术。吸收的硫化物与氨反应形成亚硫酸铵和亚硫酸氢铵，然后将它们氧化成硫酸铵和硫酸氢铵。所述硫酸氢铵进一步氨化形成硫酸铵。然而该方法未除去 NO 或 NO₂，它们必需使用不同方法处理。

NO 和 NO₂ (一起称之为“NO_x”)可以通过将气体流与 ClO₂ 或 O₃ 接触将 NO 转化成 NO₂ 然后用含硫的碱金属还原化合物的水溶液或氨水以及催化化合物洗涤来从该气体流中除去。这种方法公开在美国专利 4,029,739(Senjo 等人)，在本背景技术部分提及该专利并不作为相关的现有技术。然而该方法未除去 SO₂，并且需要通过一些其它方式向该系统加入氯或臭氧。

有一些方法既可以除去 NO_x 又可以除去 SO_2 。在美国专利 4,035,470 (Senjo 等人)公开了一种方法,通过将气体与上述的 ClO_2 或 O_3 接触将 NO 氧化成 NO_2 ,然后用亚硫酸盐和抑制该亚硫酸盐氧化为硫酸盐的氧化阻滞剂洗涤 SO_2 。也可以将铁或铜化合物加入来抑制氧化。任选地,可以加入氢氧化铵制得亚硫酸盐并与气体流中的 CO_2 反应形成碳酸盐。与上面提及的美国专利 4,029,739 类似,该方法需要加入氯或臭氧,并且还需要消耗性的亚硫酸盐氧化阻滞剂。引证的该专利未提及副产物是否包括任何有价值的物料如硫酸铵。然而,专利 4,029,739 和 4,035,470 都需要向最终释放到大气中的气体流中加入氯,这样产生严重的安全问题。

另一从气体流中除去 NO_x 和 SO_2 的方法公开在美国专利 4,971,777(Firnhaber 等人)中。在该方法中,通过加入在高温下可分解为残基的有机化合物将 NO 氧化成 NO_2 。然后用 pH 调整至低于 5.0 的氨水溶液吸收该 NO_x 和 SO_2 。Firnhaber 教导将该洗涤溶液保持低 pH 的重要性,这是由于较高 pH 水平产生铵盐的气溶胶,他认为铵盐是环境负担应加以阻止。氨气溶胶是由洗涤器中的氨蒸汽的气相反应形成的并产生蓝色灰雾或白色蒸汽,它们从烟囱放出。这也称之为“氨溜(ammonia slip)”。大气中的游离氨将是严重的健康和环境威胁。由于例如禁止性投资成本和高压损失,因此 Firnhaber 排除了气溶胶除去装置的可能性。

因此需要一种成本有效的方法从气体流中除去 SO_2 、 NO 和 NO_2 ,并且不需要加入催化剂、氯或臭氧,可以在相对高 pH 下进行,并且不会导致氨溜。

发明内容

本发明涉及一种从气体流中除去 SO_2 、 NO 和 NO_2 的方法和设备,不需要加入催化剂、氯或臭氧,可以在相对高 pH 下进行,并且不会

导致氨溜。一种满足这些要求的方法包括步骤：将 NO 氧化成 NO₂，用 pH 在 6-8 之间的氨洗涤液洗涤燃料气流中的 SO₂、NO 和 NO₂，并用气溶胶除去装置除去所述洗涤步骤产生的氨气溶胶。参照以下描述、附图和权利要求书，将能更好地理解本发明的这些和其它特征、方面和益处。

附图说明

图 1 是显示本发明方法的一个方法流程图。

图 2 是本发明设备的截面图。

具体实施方式

本发明涉及一种从气体流，特别是化石燃料锅炉中的气体流中除去 SO₂、NO 和 NO₂ 的方法和设备。实际上，燃烧化石燃料之后的燃料气几乎总是含有较多的 NO 和较少的 NO₂，并且经常含有 Hg，Hg 也可以由本发明从气体流中除去。

本发明人对从气体流中除去 SO₂ 和 NO_x 的方法和设备非常精通。美国专利 5,871,703 和 6,117,403 教导使用放电设备将 SO₂ 和 NO_x 分别氧化成硫酸和硝酸，将这些酸收集到湿静电沉淀器(“WESP”)中形成流出物，并将所述流出物加工成可以出售的工业级酸。这两个专利中的发明人是 Alix、Neister 和 McLarnon，其中两个是本发明的发明人。美国专利 6,132,692 教导使用介电屏障放电(“DBD”)形成相同的酸，将它们收集在 WESP 中并从所述 WESP 中将它们排出以从气体流中将它们除去。该专利的发明人是 Alix、Neister、McLarnon 和 Boyle，其中两个是本发明的发明人。在本申请的申请日时，上面三个专利都归本发明的所有人拥有。

本发明包括图 1 所示的一种三步方法。在第一步 60 之前呈现含有 SO₂、NO、NO₂，以及可能的话含有 Hg 的气体流。第一步 60 用

氧化装置将燃料气中的至少一部分 NO 氧化成 NO₂。所选的该装置为 NO 氧化器，应当可以将大于约 2% 的该 NO 氧化成 NO₂，并且优选在约 90% 的范围内。

应调整氧化步骤以便氧化步骤之后 SO₂ 与 NO₂ 的最终摩尔比应为至少 2.5: 1。该比例优选为 4: 1，但是可以更大。该氧化装置 60 可以是本领域已知的任意装置，包括但不限于使用放电反应器，并注入 ClO₂、O₃ 或某些有机化合物。例如，美国专利 4,029,739 和 4,035,470 教导通过将 ClO₂ 或 O₃ 加入到气体流中将 NO 转化为 NO₂。美国专利 4,971,777 教导加入一些在高温下可以分解成自由基的有机化合物。

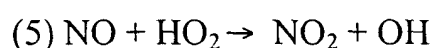
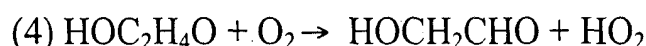
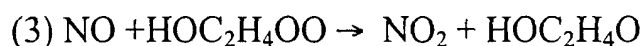
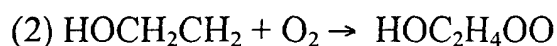
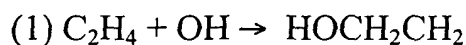
适宜的放电反应器的实例包括电晕、脉冲电晕和 DBD。DBD 又称之为无声放电和非热性等离子体放电。它与电晕放电或脉冲电晕放电不同。优选的实施方式使用 DBD 反应器，例如由 Alix 等人的美国专利 6,132,692 公开的。实际上，本方法的操作者将调整该反应器的功率输入以获得作为该反应器的功率输入成本、所需洗涤结果和其它因素的函数的所需氧化结果。试验测定显示用本发明容易将至少 90% 的 NO 和 Hg 氧化。

正如美国专利 6,132,692 中教导的，DBD 反应器将气体流中至少一部分 NO 和 NO₂ 氧化成硝酸，并且将气体流中的至少一部分 SO₂ 氧化成硫酸。这些酸在本方法的下一步中加以处理。

如果使用除放电反应器之外的氧化装置，那么 Hg 可能会或者可能不会氧化成 HgO。另一方面，可能，并且可能希望，无论使用何种装置，进一步将一些 NO 和 NO₂ 氧化成 HNO₃。这种可能希望的原因在本说明书的后面将是显然的。

另一氧化装置 60 向燃料气中加入乙烯或丙烯，之后在放电反应器中将 NO 氧化成 NO₂。这样会有利地降低该放电反应器的功率输入需求而得到由 NO 到 NO₂ 的相同氧化量。乙烯可以以乙烯与 NO 的摩

尔比为约 2:1 的量加入。放电反应器中乙烯将 NO 转化为 NO₂ 的化学反应机理可能如下:



在任何情况下,输出的气体流包括较少的 NO、较多的 NO₂、SO₂,可能包括 HNO₃、可能包括 H₂SO₄ 以及可能包括 HgO,如图 1 所示。

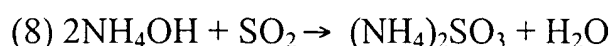
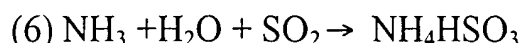
第二步 62 将气体流中存在的至少一部分 SO₂、NO 和 NO₂ 用氨水洗涤溶液洗涤。术语“洗涤”对本领域技术人员来说通常是指“吸收”,是指 SO₂、NO 和 NO₂ 被所述水溶液吸收。然而,本说明书中所用的术语“洗涤”还包括加入无水氨气,从而引发导致 SO₂ 氧化以及 NO₂ 还原的反应。

该溶液优选含有氨、亚硫酸铵、硫酸铵和水。该溶液的 pH 优选在 6-8 之间,它比 Firnhaber 教导的高得多。Firnhaber 教导该 pH 必需保持在低于 5,优选为 4.5,以便防止形成气溶胶。然而,本发明不需要避免气溶胶的形成,这是由于它包括气溶胶除去装置 64,将在本说明书的后面介绍。

保持相对高的 pH 具有几个好处。它使 SO₂ 的吸收速度增加。与亚硫酸氢盐相比,它增加了溶液中可以利用的亚硫酸盐的比例,这样便于将 SO₂ 氧化并将 NO₂ 还原。亚硫酸盐与亚硫酸氢盐的比例尤其依赖于 pH 水平。由于这些益处,因此吸收容器(如图 2 中的 44 所示),可以比传统石灰石洗涤器(目前使用的最典型的 SO₂ 洗涤器)中洗涤相同量的 SO₂ 所用的小得多。此外,所需的洗涤液的量以及液体与气体之比可以降低。估计吸收容器 44 的大小可以降低一半,液体与气体之比可以降低 1/3。由于吸收容器和液体循环设备的成本代表了洗涤

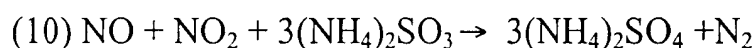
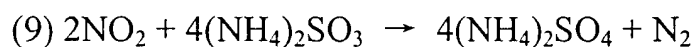
器总成本中的大部分,因此大大降低容器的大小以及配备的泵和管道的能力是本发明相对现有技术的主要益处。

尽管图 1 显示了在该步加入氨,但是也可以加入氢氧化铵形式的氨。氨与从氧化步骤排出的气体流反应,形成亚硫酸铵和亚硫酸氢铵。这一步骤中可能的化学反应如下:



在该步中可以加入氧化抑制剂以便在亚硫酸盐可以进行其 NO_2 还原功能之前抑制该亚硫酸盐氧化成硫酸盐。氧化抑制剂的实例包括硫代硫酸盐和硫脲。

亚硫酸氢铵和亚硫酸铵与 NO 和 NO_2 反应形成硫酸铵。硫酸铵公知为有价值的农业肥料。这一步可能发生的反应如下:



可以通过将 NO 和 NO_2 进一步氧化形成、和/或由 DBD 反应器产生的大多数 HNO_3 , 将与氨按照下式反应并形成硝酸铵, 已知它也是有价值的农业肥料:



以相似方式, 由 DBD 反应器产生的大多数硫酸将与该溶液反应并形成硫酸氢铵和硫酸铵。正如从上面的反应式可以看到的, 该方法除去了气体流中的 SO_2 、 NO 和 NO_2 并产生硝酸铵、硫酸铵和氮气。最后, 将硫酸铵和硝酸铵浓缩于氨水溶液中并从溶液中沉淀出。然后从洗涤器中取出该固体沉淀物并加工用作肥料。

洗涤步骤之后的气体流包括氮气和水。由于洗涤液的 pH 大于约 5, 因此洗涤步骤的排出物可能含有氨气溶胶。如果在洗涤液中未收集, 气溶胶也将含有 HgO 。

第三步 64 是除去气体流中的至少一部分氨气溶胶和 HgO (如果有的话)。可以使用湿静电沉淀器(“WESP”)作为气溶胶除去装置。WESP 能够有效地收集氨气溶胶、 HgO 以及气体流中可能存在的任意其它气溶胶或颗粒。

这种三步加工的结果, 将 SO_2 、 NO 、 NO_2 和 Hg 从气体流中除去以提供硫酸铵和硝酸铵。作为本发明方法的结果, 气溶胶除去装置的排出物包括 N_2 。

本发明的设备示于图 2。含有 SO_2 、 NO 、 NO_2 和可能 Hg 的气体流 14 进入配备有强制通风扇 12 的设备。该气体然后进入氧化装置 10 将气体流中的至少一部分 NO 氧化成 NO_2 。氧化装置 10 执行图 1 所示的氧化步骤 60, 它已在上面更详细地描述过。在该优选实施方式中, 使用至少一个 DBD 反应器并且可以组件 16 提供以便于加工和安装。需要至少一个电源和控制器操作 DBD 反应器, 它们由本领域技术人员选择, 但是在执行图中未显示。

在氧化装置 10 之后, 气体流 18 含有 SO_2 、较少的 NO 、较多的 NO_2 、可能的 HNO_3 、可能的 H_2SO_4 和可能的 HgO 。此时气体流的温度是约 177°C (350°F)。然后气体流进入洗涤容器 44 的硫酸铵水溶液 22 上面的区域 19。优选, 该硫酸铵水溶液含有氨、亚硫酸铵、硫酸铵和水。该硫酸铵溶液 22 中的水因气体流 18 的热量而蒸发, 因此将硫酸铵溶液 15 浓缩, 然后将其从容器 44 除去。除去的硫酸铵溶液 15 可以经工业标准装置加工制成可以销售的肥料。

可以将空气或其它氧化剂 17 加入到该硫酸铵溶液 22 中用于将亚硫酸铵氧化成硫酸铵。用循环泵 50 将硫酸铵溶液 22 泵送至一系列较下面的喷嘴 24, 这些喷嘴用于用水蒸气将气体流 18 冷却并饱和并泵送至泡罩盘 36 以吸收氨蒸汽。

提供另一循环环路, 其中用循环泵 52 将容器 48 中的含水亚硫酸铵和硫酸铵泵送至一系列上面的喷嘴 34。然后所述液体落到双流盘

30。分离盘 26 能够使一些液体落入硫酸铵溶液 22，并且剩余的泵送至容器 48。将另外补充的氨 32 加入到上面的喷嘴 34。这两个循环环路，独立或者一起，执行图 1 的洗涤步骤 62，它已在上面详细描述过。

洗涤步骤之后，提供一 WESP 40 除去在本方法早期可能已形成的任意氨气溶胶或 HgO 。该 WESP 40 优选是管壳式 WESP，但是可以是平板式、或者是例如本领域技术人员已知的任意 WESP。该 WESP 40 使用一系列经导管 20 供应水的喷雾器 42 湿润。在 WESP 40 的下面可以提供一除雾器 38。该 WESP 40 是图 1 所述的气溶胶除去装置 64 的一个实例。从 WESP 40 排出的气体流 46 所含的 NO_x 和 SO_2 比进入该方法和设备的气体流中少得多并且具有增加量的反应产物，即氮气和氨气和水。

以下实验室规模的方法实施例证实了本发明的功效：

实施例 1

对本发明方法的洗涤步骤进行吸收试验，其中溶液为 1% w/w SO_3^{2-} (“亚硫酸盐”)、6% w/w SO_4^{2-} (“硫酸盐”)和 2.5% $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ (“硫代硫酸盐”)，填充柱为 46 cm (18 英寸)高和 3.8 cm (1.5 英寸)直径。该柱用 0.64 cm (1/4 英寸)玻璃 RASCHIG 环填充。柱入口处的模拟燃料气含有 13% v/v 水分、6% v/v O_2 以及表中列出的模拟燃料气污染物。连续加入 NH_3 和 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ 以保持 pH 为 6.8，并且硫代硫酸盐的浓度为 2.5% w/w。在柱中的停留时间是 1.8 sec，其中 L/G 之比为 56 lpm/kacm • hr (25 gpm/kacfm)。

下表显示了试验系统的入口和出口处的 NO 、 NO_2 和 SO_2 的浓度。

表 1: 只有洗涤步骤

	系统入口	系统出口
NO (ppmv)	20	4
NO ₂ (ppmv)	250	36
SO ₂ (ppmv)	1370	2

实施例 2

用水和由 13% v/v 水分、17 ppmv NO、267 ppmv NO₂、1360 ppmv SO₂、6% v/v O₂ 和剩余 N₂ 组成的燃料气体流为原料，对本发明方法的洗涤步骤进行吸收试验。加入氨和硫代硫酸铵使 pH 保持为 6.8 并且硫代硫酸盐浓度为 2.5%，并且能够使系统中亚硫酸根和硫酸根的浓度达到稳定状态。NO_x 除去比率是 80% w/w，SO₃²⁻、SO₄²⁻ 和 S₂O₃²⁻ 的浓度分别是 0.7% w/w、2.5% w/w 和 0.5% w/w。

实施例 3

在实验室试验设备进行本发明方法的 NO 氧化、洗涤和气溶胶除去步骤的试验。该设备由模拟燃料气传递系统、同轴圆柱体 DBD 反应器、填充柱洗涤器和管状 WESP 组成。以下是在实验室试验设备获得的数据的一个实例。将模拟燃料气递送至 DBD 反应器，其流速为 14 scfm 温度为 290 °F，组成如下：6.2% v/v O₂、14.2% v/v CO₂、8.2% v/v H₂O、20 ppmv CO、250 ppmv C₂H₄、1740 ppmv SO₂ 和 259 ppmv NO_x。经过放电反应器的气体速度是 15 m/s (50 ft/sec)，放电功率水平是 140 瓦。来自放电反应器的气体进入一 10 cm (4 英寸) ID 填充柱洗涤器，它用 1.3 cm (1/2 英寸) INTALOX 鞍填充至深度为 1.2 m (4 英尺)。液体从洗涤器顶部以流速 1.2 lpm (0.33 gpm)、L/G= 44 lpm/kacm · hr (20 gpm/kacfm) 进入。加入氨水并从循环的洗涤液中取出流出液以使总液体体积保持恒定并且溶液 pH 为 6.6。来自填充床

洗涤器的气体在一 10 cm (4 英寸) ID 湿润壁静电沉淀器中经过处理, 其中气体停留时间为 0.7 秒。下表显示了系统入口、屏障放电反应器出口和系统出口处的 NO、NO₂ 和 SO₂ 的浓度。

表 2: 3 步法

	系统入口	放电反应器出口	系统出口
NO(ppmv)	254	45	32
NO ₂ (ppmv)	5	109	9
SO ₂ (ppmv)	1740	1598	1

本文所述的三步法和设备是经过特定设计以处理烧煤发电厂的燃料气。然而, 应理解的是, 本发明能够对存在有 NO_x 和 SO₂ 的任意气体流进行操作, 包括但不限于烧气和烧油锅炉以及各种化学加工过程。该 NO_x 和 SO₂ 浓度和操作条件在每种情况下将是不同的。因此, 应理解的是, 操作者或系统设计者应主动改进洗涤步骤 62 以便可能去除一个或两个氧化步骤 60 或气溶胶除去步骤 64, 或者将这三个步骤组合以便需要三个以下的步骤。

显而易见, 本领域技术人员在不背离本发明精神的情况下可以进行各种改变和改进。因此, 打算将落入本发明范围的所有这些改变和改进包括在附加的权利要求书中。

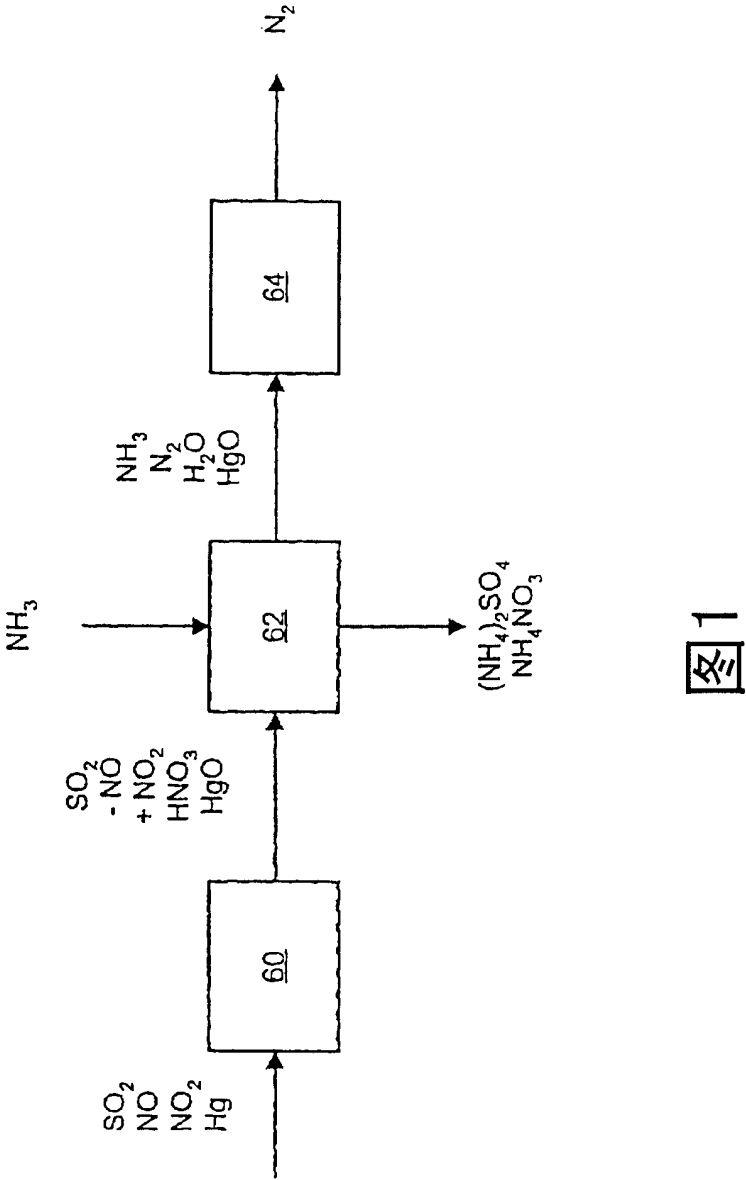


图1

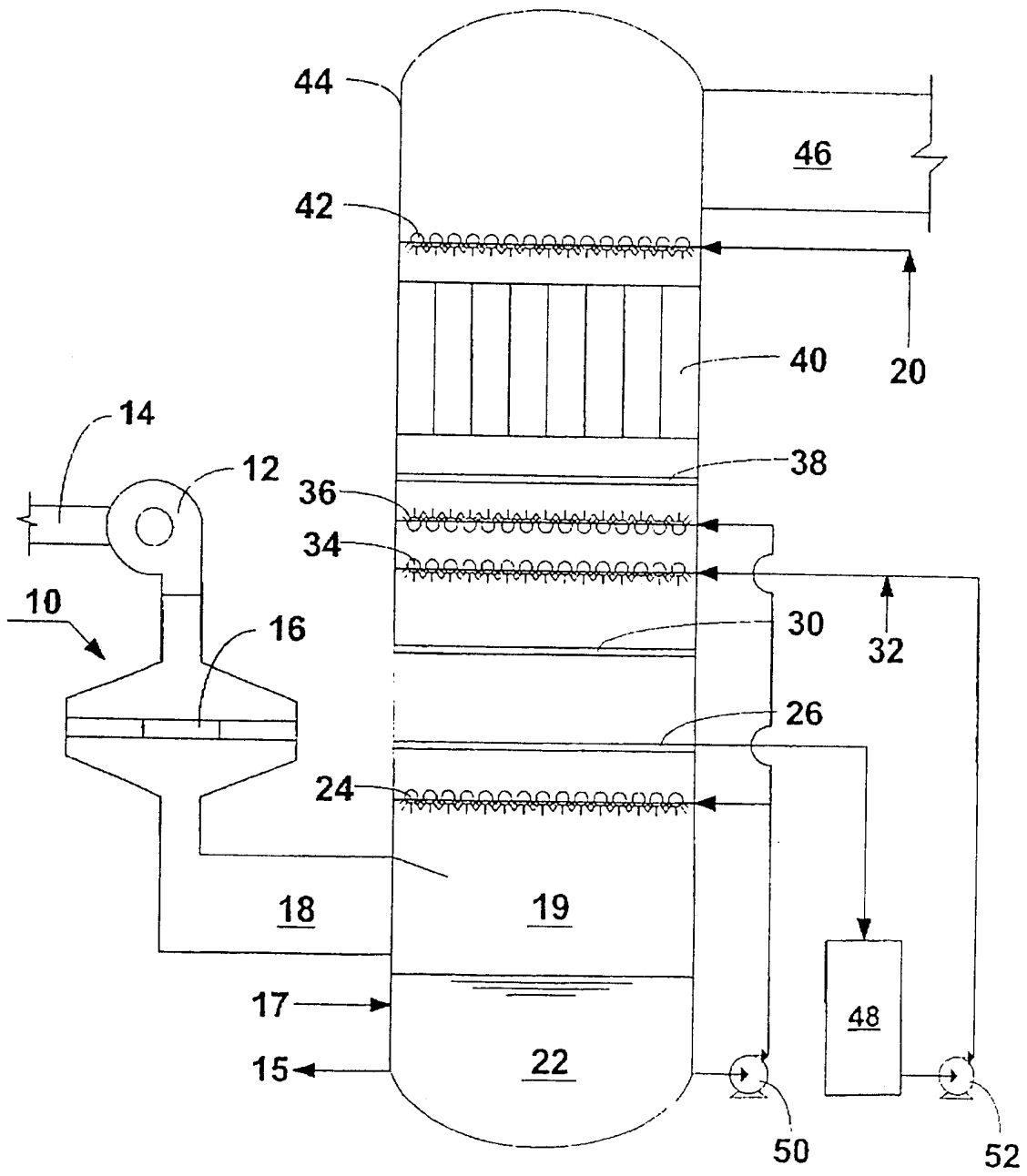


图2