

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580011325.9

[51] Int. Cl.

*B01D 53/34 (2006.01)*

*B01D 53/40 (2006.01)*

*B01D 53/50 (2006.01)*

[45] 授权公告日 2009年9月16日

[11] 授权公告号 CN 100540116C

[22] 申请日 2005.2.14

[21] 申请号 200580011325.9

[30] 优先权

[32] 2004.2.14 [33] US [31] 60/544,724

[32] 2004.3.10 [33] US [31] 10/797,513

[86] 国际申请 PCT/US2005/004453 2005.2.14

[87] 国际公布 WO2005/079324 英 2005.9.1

[85] 进入国家阶段日期 2006.10.13

[73] 专利权人 布赖恩·S·希金斯

地址 美国北卡罗莱纳州

[72] 发明人 布赖恩·S·希金斯

[56] 参考文献

CN1185778A 1998.6.24

US5585081A 1996.12.17

US4381718A 1983.5.3

US4824441A 1989.4.25

CN1079039A 1993.12.1

US5105747A 1992.4.21

US4504211A 1985.3.12

审查员 王 刚

[74] 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限责  
任公司

代理人 王允方 刘国伟

权利要求书2页 说明书9页

[54] 发明名称

炉内减低烟气酸度的方法

[57] 摘要

一种用于减低酸度及降低烟气酸露点的方法，所述方法步骤包括：在第一阶段中部分燃烧所述燃料以产生还原环境；将所述还原环境保持一充足的时间段以便将可还原酸还原而在所述烟气中达到一期望的酸浓度；以及在第二阶段中用氧化环境燃烧所述燃料的剩余物及燃烧中间物；由此通过减低所述烟气的酸浓度而降低酸度并降低所述烟气的酸露点。

- 1、一种降低烟气酸度的方法，所述方法包括以下步骤：
  - a) 在第一阶段中部分燃烧所述燃料以产生还原环境；
  - b) 使所述还原环境保持一充足时间段，以便将可还原酸还原至预定水平从而在所述烟气中达到期望的酸浓度；
  - c) 在第二阶段中用氧化环境燃烧燃料剩余物及燃烧中间物；由此通过降低所述烟气的酸浓度来降低所述烟气的酸度。
- 2、如权利要求 1 所述的方法，其进一步包括微观分级所述第一阶段燃料燃烧的步骤。
- 3、如权利要求 2 所述的方法，其中所述微观分级通过使用低 NO<sub>x</sub> 燃烧器提供。
- 4、如权利要求 1 所述的方法，其进一步包括宏观分级所述燃料燃烧第一阶段的步骤。
- 5、如权利要求 4 所述的方法，其中所述宏观分级通过使用燃尽风提供。
- 6、如权利要求 1 所述的方法，其进一步包括微观分级与宏观分级的结合。
- 7、如权利要求 6 所述的方法，其中所述微观分级通过低 NO<sub>x</sub> 燃烧器提供且宏观分级通过燃尽风提供。
- 8、如权利要求 1 所述的方法，其中所述燃料为煤。
- 9、一种降低烟气的酸露点温度的方法，所述方法包括以下步骤：
  - a) 在第一阶段中部分燃烧所述燃料以产生还原环境；
  - b) 调节还原环境保持一充足时间段以便通过还原可还原酸使所述烟气的酸露点降低至期望水平；
  - c) 在第二阶段中用氧化环境燃烧燃料剩余物及燃烧中间物；由此通过减低所述烟气的酸浓度而降低所述烟气的酸露点温度。
- 10、如权利要求 9 所述的方法，其进一步包括微观分级所述第一阶段燃料燃烧的步骤。
- 11、如权利要求 10 所述的方法，其中所述微观分级通过使用低 NO<sub>x</sub> 燃烧器提供。
- 12、如权利要求 9 所述的方法，其进一步包括宏观分级所述燃料燃烧第一阶段的步骤。
- 13、如权利要求 12 所述的方法，其中所述宏观分级通过使用燃尽风提供。
- 14、如权利要求 9 所述的方法，其进一步包括微观分级与宏观分级的结合。
- 15、如权利要求 14 所述的方法，其中所述微观分级通过低 NO<sub>x</sub> 燃烧器提供且宏观分级通过燃尽风提供。
- 16、如权利要求 9 所述的方法，其中所述燃料为煤。
- 17、一种降低烟气的酸露点温度的方法，所述方法包括以下步骤：

- a) 在第一阶段中部分燃烧所述燃料以产生还原环境;
- b) 在第二阶段中用氧化环境燃烧燃料剩余物及燃烧中间物;
- c) 测量所述烟气的酸露点;
- d) 调节还原环境保持一充足时间段以使所述烟气的酸露点降低至期望水平;由此通过减低所述烟气的可还原酸浓度而降低所述烟气的酸露点温度。

18、如权利要求 17 所述的方法,其进一步包括微观分级所述第一阶段燃料燃烧的步骤。

19、如权利要求 18 所述的方法,其中所述微观分级通过使用低 NO<sub>x</sub> 燃烧器提供。

20、如权利要求 17 所述的方法,其进一步包括宏观分级所述燃料燃烧第一阶段的步骤。

21、如权利要求 20 所述的方法,其中所述宏观分级通过使用燃尽风提供。

22、如权利要求 17 所述的方法,其进一步包括微观分级与宏观分级的结合。

23、如权利要求 22 所述的方法,其中所述微观分级通过低 NO<sub>x</sub> 燃烧器提供且宏观分级通过燃尽风提供。

24、如权利要求 17 所述的方法,其中所述燃料为煤。

## 炉内减低烟气酸度的方法

### 技术领域

本发明概言之涉及一种用于还原来自燃烧反应的副产物排放物的方法，且更具体而言涉及一种减低燃烧炉内烟气酸度的方法。

### 背景技术

#### 酸度降低

长期以来人们一直认为发电厂的烟气是一种大气污染源。在矿物燃料的燃烧中，某些天然存在的元素被氧化形成（例如） $\text{SO}_3$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HF}$  及诸如此类。若这些酸（尤其是  $\text{SO}_3$ ）的浓度超过了某些临界值则其可能会产生问题。例如，当  $\text{SO}_3$  浓度升高时，烟气的酸露点温度会升高。若烟气的温度低于烟气的酸露点温度，则气体中的  $\text{SO}_3$  将发生凝结并与水起反应形成  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，引发炉内腐蚀问题。并且，自炉膛离开的烟气可迅速冷却且所述气体中的  $\text{SO}_3$  及其它酸发生凝结，形成局部酸雨（其为  $\text{SO}_3$  及其它酸的凝结物及降落物）落到周围地面上，具有后续腐蚀性。过多的  $\text{SO}_3$  会凝结成小滴，并在离开炉膛时形成可见的烟流，此会造成美观问题和地方政治问题。若所述烟气中存有类似于  $\text{NH}_3$  的化合物，则这些化合物可能与  $\text{SO}_3$  起反应形成硫酸氢铵（ $\text{NH}_3\text{HSO}_4$ ），其随后会污染空气加热器。

因此，存在一如下需要：降低烟气酸露点温度以使酸露点温度低于炉膛最冷部分（例如输送管及烟囱）中的烟气温度。亦存在另一需要：降低烟气的酸含量以便最小化局部酸雨及与高酸性烟气有关的其它问题。

#### $\text{SO}_3$ 增加

烟气中载有的颗粒物可通过静电除尘器除去，静电除尘器可使所述单个颗粒接受一电荷并随后利用此电荷将它们吸引至收集板而实施清理。这些静电除尘器的效率取决于所述单个颗粒获取电荷的能力，即，所述颗粒的电阻率。已经发现，烟气中存在  $\text{SO}_3$  可有效降低所述颗粒的电阻率，使其更易于以静电方式带电。

在煤燃烧中，某些天然存在的硫转化为  $\text{SO}_3$ 。另一方面， $\text{SO}_3$  降低所述颗粒物电阻率的有效性取决于  $\text{SO}_3$  的浓度，其中约 15 至 20 百万份数（ppm）可获得最佳结果。因此，除尘器效率受调节烟气中  $\text{SO}_3$  数量（不管所燃烧煤的硫含量如何）以使总  $\text{SO}_3$  浓度处于最佳范围内的能力的影响。

$\text{SO}_3$  也是在 SCR（催化剂）装置中通过  $\text{SO}_2$  的氧化产生，且经常会超过最佳 15 至 20 ppm 的最佳浓度。在 SCR 中通常用于将  $\text{NO}_x$  还原为  $\text{N}_2$ （在氨存在下）的催化

剂掺和物亦可将  $\text{SO}_2$  氧化成  $\text{SO}_3$ 。此反应的速度具有强温度依赖性，且在较高温度下，可将 1% 的  $\text{SO}_2$  转化成  $\text{SO}_3$ 。高含硫 U.S. 煤在锅炉中任何位置皆可产生自 2,000 至 3,000 ppm 的  $\text{SO}_2$ ，且因此在 SCR 外部可产生 20 至 30 ppm 的  $\text{SO}_3$ 。问题是，差不多 50%（或 10 至 15 ppm）的自所述 SCR 出来的  $\text{SO}_3$  会通过清洁器而排出烟囱。在约 8 至 10 ppm 时（取决于颗粒浓度）， $\text{SO}_3$  变成一可见的蓝色烟流。

并且， $\text{SO}_3$  亦可以催化方式在其它锅炉表面经由与元素/化学品（例如钒）相互作用而产生。

因此，因为所有在 SCR 之前形成的  $\text{SO}_3$  会添加至排出的  $\text{SO}_3$  中，所以减少在 SCR 之前形成的  $\text{SO}_3$  对于减少排出的  $\text{SO}_3$  是重要的并容许使用 SCR 来减少气体的  $\text{NO}_x$  而不会产生过量的  $\text{SO}_3$ 。

### $\text{SO}_3$ 控制

若  $\text{SO}_3$  浓度太低，则除尘器将以低于最佳的效率工作。另一方面，若  $\text{SO}_3$  浓度太高，则烟气会变为高酸性的，产生“蓝烟”并促进形成酸雨。此外，酸性烟气会促进对传送烟气管道的腐蚀，并且当与  $\text{NH}_3$  型化学品结合时可阻塞空气加热器。

并且，SCR 通常每年仅欲使用六个月（在夏季臭氧控制季节），而在冬天则被忽略了。此情况在除尘器中、在管路中、及在排气烟囱外面会造成  $\text{SO}_3$  浓度的季节变化性。

因此人们期望依靠是否使用 SCR 来控制烟气中  $\text{SO}_3$  的浓度。接近 40 ppm 的  $\text{SO}_3$  浓度可引发严重不利的局部酸问题，虽然不一定要对其进行调节，但会造成设施的局部政治问题。U.S. EPA 已经指出，期望将来对  $\text{SO}_3$  的排放进行管理。

因此，人们期望拥有一种在使用或不使用 SCR 的情况下能够调节烟气中  $\text{SO}_3$  浓度的  $\text{SO}_3$  烟气系统以将  $\text{SO}_3$  浓度维持在最佳水平从而达到高 ESP 效能，且不增加局部  $\text{SO}_3$  排放。

### 分级

燃烧分级是以两或更多个阶段煅烧燃料（即煤）的过程。富燃料阶段（或简单而言，富集阶段）是一其中可用空气对于完全燃烧所述燃料而言不充分的阶段。贫燃料阶段为一其中对于完全燃烧所述燃料而言具有充分或过量空气的阶段。分级在先前技术中用于通过 a) 降低峰温度（热力型  $\text{NO}_x$ ）及 b) 提供一还原环境来还原  $\text{NO}_x$ （ $\text{NO}_x$  还原）。宏观分级乃将炉膛各段划分成富集阶段和贫乏阶段且通过使用此等例如燃尽风（OFA）等技术实现。微观分级即产生具有不同功能性特征（例如还原电位、温度、及诸如此类）的近微观环境。举例而言，炉膛内的微观分级可在所述炉膛的第一阶段中通过使用低  $\text{NO}_x$  燃烧器并调节旋转叶轮设定值及配风器来达成。增加的分级可增加在还原气氛中的停留时间并可增强所述还原气氛的作用。

先前技术已经采用了微观分级来减少燃烧炉中  $\text{NO}_x$  的排放。低  $\text{NO}_x$  燃烧器（LNB）通过将高燃料含量的一次风递送至炉膛中与流过一或多个二次配风器的二次风相混合来分级。LNB 主要使用微观分级。通过一 LNB 的流量被设计为可使煤的挥

发性组份以接近一（1.0）的化学计量比与可利用的附近区域空气混合。在接近燃烧器的中央核心中的净燃烧总体上是富集燃料的且由于温度很低而不会产生大量的热 NO<sub>x</sub>。当越来越多的空气缓慢地混合于所述中央核心时，煤最终经过炉膛深度而耗尽。此区域中产生的大部分 NO<sub>x</sub> 来自燃料结合氮并经由中间物 HCN 反应为 NO。外部二次风混合于核心气流的速率通过调节风门及旋转叶轮、以及煤管道中的旋转叶轮进行设定。由于遍及燃烧区具有一丰富的燃烧产物及二次风的连续混合，LNB 系统通过分级降低 NO<sub>x</sub>。分级通过降低丰富的核心气流及外部二次风气流之间混合比率而增加。

先前技术已经采用了宏观分级来减少燃烧炉中的排放。宏观分级由较低炉膛中高度混合的燃料及空气组成，对于大部分气流而言混合至一低于一的化学计量比。最终还是需要过量的氧来确保所有燃料已经燃烧及降低爆炸的危险。在一经宏观分级的炉膛中，将过量空气引入燃烧器的下游。增加的分级通过增加停留时间、温度、或在缺乏氧的情况下降低燃烧产物的品质来达成。

先前技术使用微观分级（LNB）及宏观分级（OFA）两种方式来降低燃烧炉中的 NO<sub>x</sub> 排放。在微观分级及宏观分级两者的情况下，使用各上述的组合并对其进行调整以达成 NO<sub>x</sub> 排放物还原。

在先前技术中从未教导过将分级用于烟气酸度降低、酸露点温度控制或燃烧气体中的 SO<sub>3</sub> 浓度控制。

## **发明内容**

本发明涉及一种用于在燃烧系统及方法中减低烟气酸度的方法。

本发明进一步涉及一种用于在燃烧系统及方法中减低烟气酸露点温度的方法。

因此本发明的一个方面是提供一种用于在燃烧系统及方法中减低烟气酸度的方法，所述方法包括以下步骤：

- a) 在第一阶段中部分燃烧所述燃料以产生还原环境；
- b) 使所述还原环境保持一充足时间段，以便将可还原酸还原从而在所述烟气中达到期望的酸浓度；
- c) 在第二阶段中用氧化环境燃烧燃料剩余物及燃烧中间物；  
由此通过降低所述烟气的酸浓度来降低所述烟气的酸度。

本发明的另一方面是提供一种用于在燃烧系统及方法中用分级来减低烟气酸露点温度的方法。

本发明的又一方面提供一种降低烟气酸露点温度的方法，所述方法包括以下步骤：

- a) 在第一阶段中部分燃烧所述燃料以产生一还原环境；
- b) 在第一第二阶段中用氧化环境燃烧燃料剩余物及燃烧中间物；
- c) 测量烟气的酸露点；

d) 调节还原环境保持一充分的时间段以便将烟气的酸

本发明再一方面提供一使用一降低烟气酸度的方法操作的燃烧炉，此等方法步骤包括：

a) 在一第一阶段中部分燃烧所述燃料以产生一还原环境；

b) 使所述还原环境保持一充足时间段，以便将可还原酸还原从而在所述烟气中达到期望的酸浓度；

c) 在一第二阶段中用氧化环境燃烧燃料剩余物及燃烧中间物；

由此通过降低所述烟气的酸浓度来降低所述烟气的酸度。

本发明的另一方面提供一种降低烟气酸度的方法，所述方法包括以下步骤：

a) 在第一阶段中部分燃烧所述燃料以产生还原环境；

b) 使所述还原环境保持一充足时间段，以便将可还原酸还原至预定水平从而在所述烟气中达到期望的酸浓度；

c) 在第二阶段中用氧化环境燃烧燃料剩余物及燃烧中间物；

由此通过降低所述烟气的酸浓度来降低所述烟气的酸度。

本发明的又一方面提供一种降低烟气的酸露点温度的方法，所述方法包括以下步骤：

a) 在第一阶段中部分燃烧所述燃料以产生还原环境；

b) 调节还原环境保持一充足时间段以便通过还原可还原酸使所述烟气的酸露点降低至期望水平；

c) 在第二阶段中用氧化环境燃烧燃料剩余物及燃烧中间物；

由此通过减低所述烟气的酸浓度而降低所述烟气的酸露点温度。

本发明的再一方面提供一种降低烟气的酸露点温度的方法，所述方法包括以下步骤：

a) 在第一阶段中部分燃烧所述燃料以产生还原环境；

b) 在第二阶段中用氧化环境燃烧燃料剩余物及燃烧中间物；

c) 测量所述烟气的酸露点；

d) 调节还原环境保持一充足时间段以使所述烟气的酸露点降低至期望水平；

由此通过减低所述烟气的可还原酸浓度而降低所述烟气的酸露点温度。

业内熟练的技术人员在结合图式阅读下文关于较佳实施例的描述之后将会了解本发明此等及其它方面。

## **具体实施方式**

在下文说明中，相同的代表符号在若干视图中均表示相同或相应的部分。同样，在下文说明中，应了解，术语“向前”、“向后”、“前”、“后”、“右”、“左”、“向上”、“向下”及诸如此类均为便于描述所用词汇且不应将其理解为限制性用语。在本发明

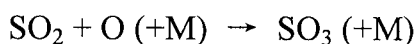
中，“可还原酸”指其中可通过对所述酸进行电化学还原而降低或消除酸性的酸。

本发明涉及一使用燃烧分级在炉内降低及控制酸露点温度的方法。本发明进一步涉及一使用燃烧分级在炉内还原及控制  $\text{SO}_3$  的方法。增加的分级方便地用于同时降低酸度、降低酸露点温度及降低烟气内  $\text{SO}_3$  的水平。

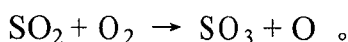
#### 经由微观分级降低酸度、酸露点温度及 $\text{SO}_3$

与在富“还原”环境中将  $\text{NO}_x$  还原回  $\text{N}_2$  的方法相类似，在还原环境中将  $\text{SO}_3$  还原回  $\text{SO}_2$ 。对于宏观分级，低于 OFA 口的炉膛中心富集有大量燃料。可将此分级的环境调整为甚至更少混合以在所述炉膛第一阶段中产生还原性微观分级。可通过降低一次风及煤流的旋转叶轮速度设定值、或另外或以其它方式降低二次风旋转叶轮及配风器设定值来减少混合从而产生还原性微观阶段；或可另外或以其它方式改变一次风及煤流与二次风流之间的相对出口速度。

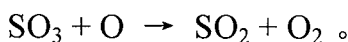
在燃料结合硫燃烧期间，虽然大部分燃料结合硫形成  $\text{SO}_2$  时，但是一些直接形成  $\text{SO}_3$ 。 $\text{SO}_2$  可经由以下氧化反应形成更多  $\text{SO}_3$ 。



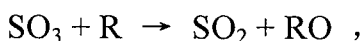
然而，此三体反应速度很缓慢。在一氧化环境中产生  $\text{SO}_3$  的另一来源是通过反应：



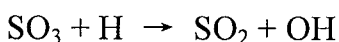
此反应不需要三主体同时碰撞；然而，其对温度非常敏感，需要高温，且其易于发生逆反应：



在一还原环境中，由于缺乏 O 及  $\text{O}_2$  物质，上述三种反应皆不以任何显著数量发生。在一还原环境中， $\text{SO}_3$  向  $\text{SO}_2$  直接转化通过以下通用“还原”反应发生：



其中 R 为任何还原基团类。在矿物燃料燃烧中，主要基团是 H 基团。



在一还原环境中，许多基团及分子可以是功能性的；例如 H、OH、C、CO、CH、 $\text{CH}_2\text{C}_2\text{H}$ 、 $\text{CH}_3$ 、 $\text{C}_n\text{H}_m$ 、N、 $\text{NH}_i$ ，及许多其它基团及分子。

当有有效浓度的还原基团时（“R”），上述  $\text{SO}_3$  还原反应速度极快。在所述炉膛的第一（富燃料）阶段中，充足浓度主要出现在还原环境中。

在一富燃料分级还原环境中，由于氧化性燃烧物质（例如 OH、O、 $\text{O}_2$ 、 $\text{HO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、及其它此类物质）的浓度大大降低，因此氧化化学过程终止。在此环境中，对于所有可利用氧物质而言，各物质是很具竞争性的。以相对较小浓度存在的具有氧原子的分子由以高浓度存在的需氧物质消耗；例如，NO 中的氧由诸如 C、CO、H、及 CH 的其它物质消耗。具有多个氧原子的分子尤其危险；即， $\text{SO}_3$  将经由几乎周围任何基团（最显著为 H 原子）去除氧而迅速转化成  $\text{SO}_2$ 。

因此，在一还原环境中，当保持所述还原环境时， $\text{SO}_3$  还原反应很快且实际上不可逆。



令人惊奇的且重要的是，对于本发明方法及系统，净效应为在第一阶段中在燃烧期间形成的  $\text{SO}_3$  迅速还原为  $\text{SO}_2$ ，且通过氧化成  $\text{SO}_2$  而不会重新生成  $\text{SO}_3$ ，因为在后来贫燃料阶段中在炉膛内足够高的温度下没有充分的停留时间。因此，本发明可方便地利用反应速率差异来降低及保持烟气内  $\text{SO}_3$  水平。

增加的分级可增加在一还原气氛中的停留时间或增加所述气氛的还原电位以降低  $\text{SO}_3$  浓度并由此降低露点温度。因此，为增进  $\text{SO}_3$  的还原，可增加停留时间或可增加烟气中的还原电位。

为增加停留时间，可利用多种方法。

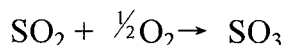
- 1) 可延长介于阶段间的距离
- 2) 对于宏观分级应用可增加混合
- 3) 对于微观分级应用可减少混合
- 4) 可减小质量流（深层分级）
- 5) 可增加介于阶段之间的体积利用率（例如涡旋）
- 6) 可增加压力
- 7) 可增加密度

为增加烟气中的还原电位，可利用多种方法。

- 1) 可增加温度
- 2) 可降低化学计量比（即，空气与燃料之比）。
- 3) 可增加局部燃料流（对于固定的空气流而言）
- 4) 可降低局部空气流（对于固定的燃料流而言）

在阶段中的混合亦会影响还原过程。一具有化学计量比混合物的完全混合阶段最佳，这是由于这些反应条件可达到最高温度，同时仍保持所述还原环境；即，最小化诸如 O 基团等氧化基团。但是，由于完全混合是不切实际的，因此，事实上使用一小于 1 的化学计量比，其可使具有大于 1 的化学计量比的部位的出现最小化。然而，当混合减少时，需要更长的停留时间及/或更高的温度来达成总酸度、酸露点温度、及/或  $\text{SO}_3$  浓度的类似减低。然而，燃烧气体的温度在某一程度上取决于混合的水平，若混合减少则其降低。因此，若一给定程度的混合需要一升高的温度，则必须通过其它方式升高温度，例如对空气进行预热、改变炉膛的热传递特性、及诸如此类。或者或另外，可通过延迟贫乏阶段空气引入（例如 OFA 喷射）来增加所述还原环境中的停留时间。

注意， $\text{SO}_3$  通过在一催化剂中对  $\text{SO}_2$  进行氧化而形成，因为一催化剂可使  $\text{SO}_2$  通过以下反应氧化：



由于所述经催化反应仅取决于  $\text{SO}_2$  及  $\text{O}_2$  浓度，催化剂中  $\text{SO}_3$  的产生不受气体中  $\text{SO}_3$  浓度的制约。因此，通过本发明还原的全部  $\text{SO}_3$  可独立地减少出口  $\text{SO}_3$  且不受催化剂中  $\text{SO}_3$  产生量的影响并且不会影响催化剂中  $\text{SO}_3$  的产生量。

因此, 本发明提供一如下方法: 控制并降低烟气酸性、尤其烟气  $\text{SO}_3$  浓度, 以有助于(1)影响静电除尘器的效率, 及更佳地, (2)降低烟气中  $\text{SO}_3$  及其它可还原酸的浓度以降低烟气酸度及酸露点, 由此减少空气加热器堵塞、风道腐蚀、及排放至环境中的  $\text{SO}_3$  排放物(其可能是可见烟流及局部酸雨的来源)。

在本发明一较佳实施例中, 调整炉膛内酸度及  $\text{SO}_3$  水平的宏观分级通过使用 OFA 达成。在另一较佳实施例中, 调节炉膛内酸度及  $\text{SO}_3$  水平的微观分级通过使用低  $\text{NO}_x$  燃烧器达成。在又一较佳实施例中, 将通过结合使用 OFA 及低  $\text{NO}_x$  燃烧器达成的宏观分级及微观分级用于调节炉膛内酸度及  $\text{SO}_3$  水平。对于在运行中使用 SCR 的炉膛, 较佳对酸度进行调节以降低总烟气酸度。对于未使用 SCR 或使用旁路 SCR 的炉膛而言, 较佳对  $\text{SO}_3$  进行调节以使至 ESP 的  $\text{SO}_3$  水平增高或有利于沉降。对于当前 ESP 而言, 在废气中介于约 10 至约 15 ppm (按体积) 之间的  $\text{SO}_3$  水平适合于最佳 ESP 效率。

露点温度为用于估计及/或调节还原环境变量以获得充分减低的酸度及/或期望的  $\text{SO}_3$  水平的适合参数。为了达到一期望的  $\text{SO}_3$  水平及工作相对湿度, 可测定露点并相应调节还原环境变量以达到期望露点。测定酸度及/或  $\text{SO}_3$  水平的其它方法可用于相同目的而不背离本发明的范围。

在本发明一较佳实施例中, 对一发电厂进行操控以在较低炉膛中提供一沿深度分级的微观阶段或宏观阶段还原环境。在较高炉膛内的 OFA 可提供必需的氧以确保残余未燃尽燃料、燃烧中间物、及/或 CO 的燃尽达可接受水平。另外, 可用 SCR 来还原  $\text{NO}_x$ 。因此, 本发明一实施例包括一具有 OFA 及低  $\text{NO}_x$  燃烧器的燃烧炉, 其应用于含硫燃料以降低露点温度及减低  $\text{SO}_3$  浓度。另外, 可提供 SCR 来还原  $\text{NO}_x$ 。所述低  $\text{NO}_x$  燃烧器较佳为一如下等级: 其可在初始阶段中提供充分混合以提供充分的酸露点温度降低及  $\text{SO}_3$  浓度减低, 因此, (若需要) 容许使用 SCR。因此, 本发明一实施例包括一具有高等级低  $\text{NO}_x$  燃烧器的燃烧炉, 其用于减低烟气酸性、降低酸露点温度及烟气  $\text{SO}_3$  浓度的目的。此实施例可进一步包括 SCR。

本发明的充分还原环境为可在小于约 2 秒、更佳小于约 0.5 秒内将  $\text{SO}_3$  还原为  $\text{SO}_2$  的还原环境。在本发明中, 此一还原环境可在第一阶段烟气温度大于或等于 900 Kelvin (1160°F)、更佳大于约 1255 K (1800°F)、甚至更佳大于约 1650 K (2500°F) 时实现。一还原环境为其中还原基团与氧化基团的浓度比大于约 1、更具体而言 H 基团与 O 基团的浓度比大于约 1 的环境。更好的还原环境为其中还原基团与氧化基团的浓度比大于约 10、更具体而言 H 基团与 O 基团的浓度比大于约 10 的环境。

因此, 一种操作本发明燃炉的方法包括以下步骤:

- a) 在第一阶段中部分燃烧所述燃料以产生还原环境;
- b) 使所述还原环境保持一充足时间段, 以便将  $\text{SO}_3$  还原为  $\text{SO}_2$  而达到期望的  $\text{SO}_3$  水平;
- c) 在第二阶段中用氧化环境燃烧燃料剩余物及燃烧中间物;

由此控制烟气中  $\text{SO}_3$  的水平。

或者，在本发明另一实施例中，一种降低烟气酸露点温度的方法包括以下步骤：

- a) 在第一阶段中部分燃烧所述燃料以产生还原环境；
- b) 在第二阶段中用氧化环境燃烧燃料剩余物及燃烧中间物；
- c) 测量烟气的酸露点；
- d) 调节所述还原环境保持一充足的时间段以便使所述烟气酸露点降低至期望水平；

由此通过减低所述烟气的可还原酸浓度来降低所述烟气的酸露点温度。

### 实例

以下实例阐明可使用本发明方法达成的结果。在 3 个不同的发电厂中使用本发明方法减低烟气酸度及降低酸露点。因为  $\text{SO}_3$  是煤炉排放物中的主要酸，故对  $\text{SO}_3$  排放物进行测定并用作酸度及露点的指示物。表 1 及 2 中所示实验数据通过使用高速燃尽风并由第三方公司进行测量。

表 1. 分级深度在 2 个不同电厂中对  $\text{SO}_3$  水平的影响。

参数	电厂 1		电厂 2	
	分级深度			
	浅	深	浅	深
负载( $\text{MW}_{\text{净}}$ )	182	179	154	154
$\text{NO}_x$ (lb/MMBtu)	0.64	0.36	0.63	0.28
煤%S (%)	1.22	1.22	0.87	0.87
出口 $\text{SO}_2$ (ppm)	1100	1100	720	720
出口 $\text{SO}_3$ (ppm)	19	5.7	11*	0.5
$\text{SO}_3/\text{SO}_2$ (%)	1.7	0.52	1.5*	0.07
$\text{SO}_3$ 减少		70%		95%

N/A - 数据不可获得；\* - 在假设煤中 98.5% 的硫转化为  $\text{SO}_2$  且煤中 1.5% 的硫转化为  $\text{SO}_3$  的基础上估计得到。

对于“浅”分级的情况，燃尽风口将接近关闭，但仍包含冷却流（约 10% 的总空气量）。对于“中等”分级的情况，燃尽风口组成差不多 20% 的总空气流。对于“深”分级的情况，燃尽风口组成差不多 30% 的总空气流。三组设备皆为四角燃烧设备且 OFA 系统恰好位于燃烧器区上方。表 2. 三种水平的分级在一单个电厂中的影响（电厂 3，与表 1 不同）。

参数	分级深度		
	浅	中等	深
负载( $\text{MW}_{\text{净}}$ )	72	72	72
$\text{NO}_x$ (lb/MMBtu)	0.56	0.48	0.34

煤%S (%)	2.85	2.85	2.85
出口 SO <sub>2</sub> (ppm)	1856	1855	1856
出口 SO <sub>3</sub> (ppm)	5.9	1.9	1.1
SO <sub>3</sub> /SO <sub>2</sub> (%)	0.32	0.1	0.06
SO <sub>3</sub> 减少 (vs 浅)		68%	81%

因此，所述实验数据展示使用本发明方法调节 SO<sub>3</sub> 的能力，SO<sub>3</sub> 为煤炉排放物中的主要酸并且是烟气酸度及酸露点的指示物。

在阅读上述说明之后，那些业内熟练的技术人员还可进行某些修改或改良。为简明及易于阅读，本文删去了所有修改及改良，但这些内容皆适当地涵盖于上述权利要求范围内。