



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101992018 A

(43) 申请公布日 2011.03.30

(21) 申请号 201010260547.7

(22) 申请日 2010.08.10

(30) 优先权数据

12/538434 2009.08.10 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 C · 森万

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

72001

代理人 徐晶 林毅斌

(51) Int. Cl.

B01D 53/81 (2006.01)

B01D 53/50 (2006.01)

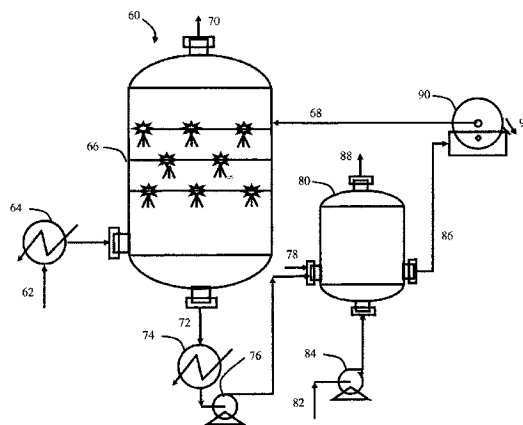
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 2 页

## (54) 发明名称

使流体脱硫的方法以及操作燃煤系统的方法

## (57) 摘要

本发明提供了一种使包含至少一种硫化合物的流体 (62) 脱硫的方法 (60)。所述方法 (60) 包括提供一种包含至少一种来自用于从煤 (12) 中去除一种或多种杂质的工艺 (10) 的副产物氧化物 (82) 的氧化物组合物 (68)，以及使所述氧化物组合物 (68) 与所述流体 (62) 接触。所述氧化物组合物 (68) 与所述至少一种硫化合物反应以形成固体沉淀物。本发明还提供了操作燃煤系统的方法。



1. 一种使包含至少一种硫化合物的流体 (62) 脱硫的方法 (60), 所述方法 (60) 包括: 提供一种包含至少一种由用于从煤 (12) 中去除一种或多种杂质的工艺 (10) 产生的副产物氧化物 (82) 的氧化物组合物 (68); 和

使所述氧化物组合物 (68) 与所述流体 (62) 接触, 其中所述氧化物组合物 (68) 与所述至少一种硫化合物反应以形成固体沉淀物。

2. 权利要求 1 的方法 (60), 其中所述氧化物组合物 (68) 包括金属氧化物水合物。

3. 权利要求 1 的方法 (60), 其中所述氧化物组合物 (68) 包括氧化钾、氧化钙、氧化钠、氧化铝、氧化亚铁或其组合。

4. 权利要求 1 的方法 (60), 其中所述流体 (62) 包括烟道气。

5. 权利要求 1 的方法 (60), 其中所述至少一种硫化合物包括无机硫化合物。

6. 权利要求 1 的方法 (60), 其中用于从煤 (12) 中去除一种或多种杂质的工艺 (10) 包括提供具有多种杂质的煤 (12), 使所述煤 (12) 与至少一种沥滤液 (14, 28) 接触, 其中所述至少一种沥滤液 (14, 28) 与一种或多种杂质反应、从煤 (12) 中去除一种或多种杂质、或二者以产生所述至少一种副产物氧化物 (82)。

7. 一种操作燃煤系统的方法, 所述方法包括:

提供包含多种杂质的煤 (12);

从煤 (12) 中去除一种或多种杂质以产生至少一种副产物氧化物 (48, 54), 所述至少一种副产物氧化物 (48, 54) 包含一种或多种杂质、一种或多种杂质与至少一种反应物的反应产物、或二者;

从煤 (42) 中分离所述至少一种副产物氧化物 (48, 54);

燃烧煤 (42) 以产生包含至少一种硫化合物的烟道气 (62); 和

使所述至少一种副产物氧化物 (48, 54, 82) 与所述烟道气 (62) 接触, 其中所述至少一种副产物氧化物 (48, 54, 82) 与所述至少一种硫化合物反应以形成固体沉淀物。

8. 权利要求 7 的方法, 其中所述至少一种副产物氧化物 (48, 54, 82) 包括金属氧化物水合物。

9. 权利要求 7 的方法, 其中所述至少一种副产物氧化物 (48, 54, 82) 包括氧化钾、氧化钙、氧化钠、氧化铝、氧化亚铁或其组合。

10. 一种操作燃煤系统的方法, 所述方法包括:

提供包含多种杂质的煤 (12);

使氟化物化合物与酸反应以产生氢氟酸和副产物氧化物 (54);

使所述氢氟酸与煤 (12) 接触以从煤中去除一种或多种杂质;

从煤 (12) 中分离所述氢氟酸;

燃烧煤 (42) 以产生包含至少一种硫化合物的烟道气 (62); 和

使所述副产物氧化物 (54, 82) 与所述烟道气 (62) 接触, 其中所述副产物氧化物 (54, 82) 与所述至少一种硫化合物反应以形成固体沉淀物。

## 使流体脱硫的方法以及操作燃煤系统的方法

### 技术领域

[0001] 总体而言,本公开涉及使包含硫化化合物的流体脱硫的方法,更具体地讲,本公开涉及使用来自用于从煤中去除杂质的工艺的副产物氧化物使烟道气脱硫的方法。

### 背景技术

[0002] 各种类型的煤(包括超净煤)的燃烧可能在烟道气中产生硫化化合物,例如二氧化硫( $\text{SO}_2$ )和三氧化硫( $\text{SO}_3$ )。在许多国家,有法规严格限制硫化化合物(例如 $\text{SO}_2$ 和 $\text{SO}_3$ )的排放,这是因为硫化化合物可能引起酸雨、能见度下降、呼吸问题、对植物的破坏以及对水的污染。

[0003] 现有的烟道气脱硫装置(FGD)为湿洗涤器或干洗涤器。湿洗涤器在喷淋塔中将液体吸收剂喷在烟道气中。石灰石或熟石灰用作吸收剂。硫的氧化物与吸收剂反应以形成硫酸钙( $\text{CaSO}_4$ )或亚硫酸钙( $\text{CaSO}_3$ ),硫酸钙或亚硫酸钙可被氧化以形成石膏。在水泥或土壤应用中石膏则可作为有用的产品出售。在干洗涤器中,将碱性试剂(例如石灰或基于钠盐的碱性试剂)的浆料喷在塔中。

### 发明内容

[0004] 本公开提供了一种使包含至少一种硫化化合物的流体脱硫的方法。所述方法包括提供一种包含至少一种来自用于从煤中去除一种或多种杂质的工艺的副产物氧化物的氧化物组合物,以及使所述氧化物组合物与所述流体接触。所述氧化物组合物与所述至少一种硫化化合物反应以形成固体沉淀物。

[0005] 本公开还提供了一种操作燃煤系统的方法。所述方法包括提供包含多种杂质的煤并从煤中去除一种或多种杂质以产生至少一种副产物氧化物。所述至少一种副产物氧化物包含一种或多种杂质、一种或多种杂质与至少一种反应物的反应产物、或二者。所述方法还包括从煤中分离所述至少一种副产物氧化物,燃烧煤以产生包含至少一种硫化化合物的烟道气,以及使所述至少一种副产物氧化物与所述烟道气接触。所述至少一种副产物氧化物与所述至少一种硫化化合物反应以形成固体沉淀物。

[0006] 本公开还提供了操作燃煤系统的另一种方法。所述方法包括提供包含多种杂质的煤,使氟化物化合物与酸反应以产生氢氟酸和副产物氧化物,使所述氢氟酸与煤接触以从煤中去除一种或多种杂质,从煤中分离所述氢氟酸,燃烧煤以产生包含至少一种硫化化合物的烟道气,以及使所述副产物氧化物与所述烟道气接触。所述副产物氧化物与烟道气中的至少一种硫化化合物反应以形成固体沉淀物。

[0007] 由以下详述、附图和权利要求,本发明的其他方面、特征和优点将显而易见。

### 附图说明

[0008] 图1说明根据本发明的一个实施方案用于从煤中去除杂质的工艺10,该工艺产生副产物氧化物。

[0009] 图 2 说明根据本发明的一个实施方案使包含硫化化合物的烟道气脱硫的方法 60。

### 具体实施方式

[0010] 如上所概述,本公开包括一种使流体脱硫的方法和操作燃煤系统的方法。应理解的是,任何系统例如燃气轮机系统(例如燃煤燃气轮机系统、粉煤发电厂和整体气化联合循环系统)等可使用本公开的使流体脱硫的方法和操作燃煤系统的方法的实施方案。以下描述操作燃煤系统的一个实施方案,且用图 1 和图 2 说明。图 1 说明在燃煤系统中,在煤燃烧之前,用于从煤 12 中去除一种或多种杂质的工艺 10。

[0011] 方法 10 首先提供包含多种杂质的煤 12。方法 10 的实施方案可提供无烟煤、烟煤、次烟煤、褐煤或其组合形式的煤 12。

[0012] 在一些实施方案中,所述杂质包括但不限于铝、铁、钾、钙、钠以及其他金属的氧化物、矿物、无机和有机硫化物、碱(alkalis)、灰分或其组合。本文使用的“灰分”是指在燃烧前煤中的非可燃性组分和由于煤的燃烧而得到的非可燃性副产物二者,包括熔渣和飞灰。在某些实施方案中,存在于煤 12 中的杂质的量可为约 2%重量至约 50%重量。在其他实施方案中,存在于煤 12 中的杂质的量可为约 3%重量至约 8%重量。在又一实施方案中,存在于煤 12 中的杂质的量可为约 5%重量至约 7%重量。

[0013] 表 1. 由不同类型的煤产生的飞灰的化学组成范围的实例

[0014] (用重量百分比表示)

[0015]

组分	烟煤	次烟煤	褐煤
SiO <sub>2</sub>	20-60	40-60	15-45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-35	20-30	10-25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO <sub>3</sub>	0-4	0-2	0-10
Na <sub>2</sub> O	0-4	0-2	0-6
K <sub>2</sub> O	0-3	0-4	0-4
LOI	0-15	0-3	0-5

[0016] 来源:<http://www.tfhr.gov>

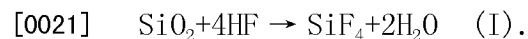
[0017] 方法 10 使煤 12 与第一沥滤液 14 在第一反应器 16 中接触。在一个实施方案中,第一沥滤液 14 可包含酸作为第一反应物。在一些实施方案中,第一沥滤液 14 可包含但不限于氢氟酸溶液、硝酸溶液、盐酸溶液、氟硅酸溶液或其组合、或溶解氧化物的其他强酸溶液。

[0018] 在一个实施方案中,第一沥滤液 14 与一种或多种杂质反应以产生至少一种第一副产物氧化物。在另一实施方案中,第一沥滤液 14 与煤 12 反应以去除一种或多种杂质以产生第一副产物氧化物。在某些实施方案中,第一沥滤液 14 可既与杂质反应以产生第一副产物氧化物,又从煤 12 中作为第一副产物氧化物去除杂质。

[0019] 在特定的实施方案中,第一副产物氧化物可包括金属氧化物。例如第一副产物氧

化物可为通过第一沥滤液 14 从煤中去除的金属氧化物杂质。在一些实施方案中，第一副产物氧化物可包括氧化钾、氧化钠、氧化硅、氧化铝、氧化铁或其组合。在其他实施方案中，第一副产物氧化物可进一步与水反应以形成水合物（例如金属氧化物水合物）。在某些实施方案中，第一副产物氧化物可溶于第一沥滤液 14 中。

[0020] 在特定的实施方案中，第一沥滤液 14 与煤 12 接触可产生附加反应，以产生一种或多种可溶于第一沥滤液的第一产物。在一些实施方案中，第一产物包括一种或多种氟化物、氢氧化物、羟基氟化物、氧化物或其组合。在第一产物包括一种或多种氟化物的实施方案中，所述氟化物可为氟化硅、氟化铝、氟化铁、氟化钙、氟化钠或其组合。第一沥滤液 14 与煤 12 中的杂质的附加反应的一个实例在下式 (I) 中给出：



[0022] 在某些实施方案中，第一沥滤液 14 中第一反应物的浓度为约 3M 至约 10M。在其他实施方案中，第一沥滤液 14 中第一反应物的浓度为约 3M 至约 6M。在又一实施方案中，第一沥滤液 14 中第一反应物的浓度为约 4M 至约 6M。

[0023] 在特定的实施方案中，加入到第一反应器 16 中的第一沥滤液 14 与煤 12 的重量比为约 10 : 1 至约 10 : 5。除非另外说明，否则所有比率为重量比。在其他特定的实施方案中，加入到第一反应器 16 中的第一沥滤液 14 与煤 12 的重量比为约 10 : 2 至约 10 : 4。又一特定的实施方案中，加入到第一反应器 16 中的第一沥滤液 14 与煤 12 的重量比为约 10 : 2.5 至约 10 : 3.5。

[0024] 在某些实施方案中，第一沥滤液 14 包含氢氟酸浓度为约 3M 至约 10M 的氢氟酸溶液。在其他实施方案中，第一沥滤液 14 包含氢氟酸浓度为约 3M 至约 6M 的氢氟酸溶液。在又一实施方案中，第一沥滤液 14 包含氢氟酸浓度为约 4M 至约 6M 的氢氟酸溶液。在特定的实施方案中，加入到第一反应器 16 中的氢氟酸溶液 14 与煤 12 的重量比为约 10 : 1 至约 10 : 5。在其他特定的实施方案中，加入到第一反应器 16 中的氢氟酸溶液 14 与煤 12 的重量比为约 10 : 2 至约 10 : 4。又一特定的实施方案中，加入到第一反应器 16 中的氢氟酸溶液 14 与煤 12 的重量比为约 10 : 2.5 至约 10 : 3.5。

[0025] 在特定的实施方案中，煤 12 与第一沥滤液 14 在第一反应器 16 中接触约 1 小时至约 10 小时。在其他特定的实施方案中，煤 12 与第一沥滤液 14 在第一反应器 16 中接触约 3 小时至约 5 小时。又一特定的实施方案中，煤 12 与第一沥滤液 14 在第一反应器 16 中接触约 4 小时至约 5 小时。

[0026] 在特定的实施方案中，煤 12 与第一沥滤液 14 在第一反应器 16 中在约 70 °F 至约 200 °F 温度下接触。在其他特定的实施方案中，煤 12 与第一沥滤液 14 在第一反应器 16 中在约 110 °F 至约 170 °F 温度下接触。又一特定的实施方案中，煤 12 与第一沥滤液 14 在第一反应器 16 中在约 140 °F 至约 160 °F 温度下接触。

[0027] 在特定的实施方案中，煤 12 与第一沥滤液 14 在第一反应器 16 中在约 14psia 至约 1000psia 压力下接触。在其他特定的实施方案中，煤 12 与第一沥滤液 14 在第一反应器 16 中在约 14psia 至约 42psia 压力下接触。又一特定的实施方案中，煤 12 与第一沥滤液 14 在第一反应器 16 中在约 14psia 至约 20psia 压力下接触。

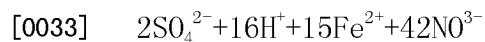
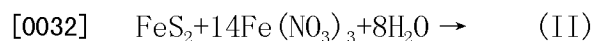
[0028] 方法 10 还包括从煤 12 中分离至少一部分第一沥滤液 14。通过从煤 12 中分离至少一部分第一沥滤液 14，至少一部分可溶于第一沥滤液的第一副产物氧化物以及至少一部

分第一产物也从煤中分离。因此,在特定的实施方案中,基本上所有第一沥滤液 14(包括基本上所有第一副产物氧化物和基本上所有第一产物)可从煤 12 中分离。在图 1 所示的方法 10 中,将第一沥滤液 14、第一副产物氧化物、第一产物和煤 12 作为浆料 20 从第一反应器 16 输送到转鼓过滤器 22。转鼓过滤器 22 将浆料 20 过滤,将湿煤 26 形式的煤与作为第一滤液 24 的第一沥滤液、第一副产物氧化物和第一产物分离。

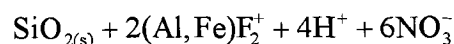
[0029] 随后将湿煤 26 供应至第二反应器 30,煤 12 与第二沥滤液 28 在该第二反应器中接触。在一个实施方案中,第二沥滤液 28 可包含包括作为第二反应物的硝酸盐的硝酸盐溶液。在某些实施方案中,第二沥滤液 28 包含第二反应物,该第二反应物包括但不限于硝酸、硝酸铝、硝酸铁、氟硝酸盐、其他硝酸盐、氢氧化物、羟基氟化物、碱式硝酸盐、其离子或其组合。

[0030] 在一个实施方案中,第二沥滤液 28 与一种或多种杂质反应以产生至少一种第二副产物氧化物。在另一实施方案中,第二沥滤液 28 与湿煤 26 反应以去除一种或多种杂质以产生第二副产物氧化物。在某些实施方案中,第二沥滤液 28 可既与杂质反应以产生第二副产物氧化物,又从湿煤 26 中作为第二副产物氧化物去除杂质。在特定的实施方案中,第二副产物氧化物可包括与第一副产物氧化物相同或类似的氧化物。在某些实施方案中,第二副产物氧化物可溶于第二沥滤液 28。

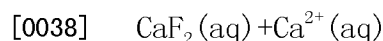
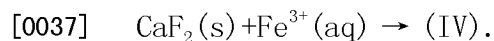
[0031] 在某些实施方案中,第二沥滤液 28 与湿煤 26 接触可产生附加反应,以产生可溶于第二沥滤液的第二产物。第二沥滤液 28 与煤 26 中的杂质的附加反应的实例在下式 (II) 和 (III) 中给出:



[0035]



[0036] 在另一实例中,氟化硅可与第二沥滤液 28 反应以形成氧化硅固体沉淀物。在另一实施方案中,当存在于湿煤 26 中的、在第一反应器 14 中形成的氟化钙 ( $\text{CaF}_2$ ) 固体沉淀物与第二沥滤液 28 反应以形成可溶性硝酸盐或硝基/羟基/氟化物时,该氟化钙固体沉淀物于第二反应器 30 中溶解。该反应的一个实例在下式 (IV) 中给出:



[0039] 在方法 10 的一些实施方案中,所述一种或多种第二产物包括硝酸根离子、硫酸根离子、铁离子、羟基氟化物、氧化物、氟硝酸盐,或其组合。存在于煤 12 中的固体硫化铁 ( $\text{FeS}_2$ ) 于第二反应器 30 中溶解。

[0040] 在特定的实施方案中,第二沥滤液 28 中第二反应物的浓度为约 0.1M 至约 5M。在其他特定的实施方案中,第二沥滤液 28 中第二反应物的浓度为约 0.1M 至约 0.4M。又一特定的实施方案中,第二沥滤液 28 中第二反应物的浓度为约 0.1M 至约 0.3M。

[0041] 在某些实施方案中,加入到第二反应器 30 中的第二沥滤液 28 与湿煤 26 的重量比为约 10 : 1 至约 10 : 5。在其他实施方案中,加入到第二反应器 30 中的第二沥滤液 28 与湿煤 26 的重量比为约 10 : 2 至约 10 : 4。在又一实施方案中,加入到第二反应器 30 中的

第二沥滤液 28 与湿煤 26 的重量比为约 10 : 2.5 至约 10 : 3.5。

[0042] 在特定的实施方案中,第二沥滤液 28 包含硝酸浓度为约 0.1M 至约 5M 的硝酸溶液。在其他特定的实施方案中,第二沥滤液 28 包含硝酸浓度为约 0.1M 至约 0.4M 的硝酸溶液。又一特定的实施方案中,第二沥滤液 28 包含硝酸浓度为约 0.2 至约 0.3M 的硝酸溶液。在某些实施方案中,加入到第二反应器 30 中的硝酸溶液 28 与湿煤 26 的重量比为约 10 : 1 至约 10 : 5。在其他实施方案中,加入到第二反应器 30 中的硝酸溶液 28 与湿煤 26 的重量比为约 10 : 2 至约 10 : 4。在又一实施方案中,加入到第二反应器 30 中的硝酸溶液 28 与湿煤 26 的重量比为约 10 : 2.5 至约 10 : 3.5。

[0043] 根据本公开的某些实施方案,第二沥滤液 28 与湿煤 26 在第二反应器 30 中接触约 20 小时至约 30 小时。在其他特定的实施方案中,第二沥滤液 28 与湿煤 26 在第二反应器 30 中接触约 22 小时至约 26 小时。

[0044] 在特定的实施方案中,第二沥滤液 28 与湿煤 26 在第二反应器 30 中在约 70 °F 至约 190 °F 温度下接触。在其他特定的实施方案中,第二沥滤液 28 与湿煤 26 在第二反应器 30 中在约 150 °F 至约 190 °F 温度下接触。又一特定的实施方案中,第二沥滤液 28 与湿煤 26 在第二反应器 30 中在约 140 °F 至约 160 °F 温度下接触。

[0045] 在特定的实施方案中,第二沥滤液 28 与湿煤 26 在第二反应器 30 中在约 14.4psia 至约 100psia 压力下接触。在其他特定的实施方案中,第二沥滤液 28 与湿煤 26 在第二反应器 30 中在约 14.4psia 至约 43psia 压力下接触。又一特定的实施方案中,第二沥滤液 28 与湿煤 26 在第二反应器 30 中在约 14.4psia 至约 28psia 压力下接触。

[0046] 方法 10 还包括从煤中分离至少一部分第二沥滤液 28。通过从煤中分离至少一部分第二沥滤液 28,至少一部分可溶于第二沥滤液的第二副产物氧化物以及至少一部分第二产物也从煤中分离。因此,在特定的实施方案中,基本上所有第二沥滤液 28(包括基本上所有第二副产物氧化物和基本上所有第二产物)可从煤中分离。在图 1 所示的方法 10 中,将第二沥滤液 28、第二副产物氧化物、第二产物和煤作为浆料 32 从第二反应器 30 输送到转鼓过滤器 34。转鼓过滤器 34 将浆料 32 过滤,将湿煤 38 与作为第二滤液 36 的第二沥滤液、第二副产物氧化物和第二产物分离。

[0047] 方法 10 还可包括在水洗涤装置 40 中用水洗涤湿煤 38,以从煤中去除任何残余的反应物或产物。可将经水洗的煤 42 经传送带(未示出)转移至煤干燥器(未示出),该煤干燥器可进一步用作过滤器以从煤中去除水。

[0048] 在特定的实施方案中,存在于经水洗的煤 42 中的灰分的量可少于约 0.2% 重量。在方法 10 的某些实施方案中,存在于经水洗的煤 42 中的灰分的量为约 0.01% 重量至约 0.5% 重量。在方法 10 的其他实施方案中,存在于经水洗的煤 42 中的灰分的量为约 0.01% 重量至约 0.2% 重量。在某些实施方案中,经水洗的煤 42 可包含痕量的氟化物、硝酸盐、氧化物或其组合。

[0049] 因此,本公开的方法可用于产生超净煤。本文使用的术语“超净煤”是指具有降低的灰分含量(例如低于约 0.2%)和/或显著降低的硫含量的煤,例如使得可将煤直接供应至各工艺(例如燃气轮机工艺)中并提供各优点,例如改进的热效率。

[0050] 在特定的实施方案中,所述方法还包括在第一反应器中搅拌第一沥滤液,在第二反应器中搅拌第二沥滤液,或二者。在可选的实施方案中,可使用更多或更少的沥滤液。

[0051] 在可选的实施方案（未示出）中，所述方法可在间歇法中在一个反应室中进行，以避免化学物质的转移和使用多个反应器、多个过滤器和传送设备（例如泵和传送带）及相关费用和空间要求。此外，减少煤暴露在反应器外部，因此，减少煤损失且避免与化学物质的输送有关的危险。

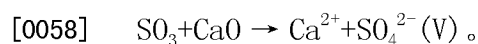
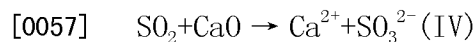
[0052] 第一滤液 24 和第二滤液 36 可通过额外的装置 44（例如过滤器、蒸馏塔，等等）来进一步加工，以作为回收的反应物 46（例如氢氟酸、硝酸盐，等等）回收第一沥滤液 14、第二沥滤液 28 或其前体，同时留下副产物氧化物流 48。

[0053] 此外，在第一沥滤液反应器 50 中，可在燃煤系统中由前体 52 产生第一沥滤液 14。第一沥滤液 14 的产生可得到至少一种第三副产物氧化物 54。例如第一沥滤液 14 可包含氢氟酸，该氢氟酸由前体 52（氟化钙和硫酸）制备。由氢氟酸的产生而得到的第三副产物氧化物 54 可包括氧化钙。有利的是，在燃煤系统中产生氢氟酸避免将氢氟酸输送到煤产生系统，这样避免了相关的安全顾虑，且产生第三副产物氧化物 54，该第三副产物氧化物可用于流体（例如烟道气）的脱硫。

[0054] 图 2 说明用于将包含至少一种硫化合物的烟道气脱硫的方法 60 的一个实施方案。将由煤的燃烧（未示出）而得到的烟道气 62 供应至换热器 64 中，以将烟道气 62 的温度调节至适于脱硫的适当温度。尽管烟道气 62 的一部分热量可通过换热器 64 移除，应理解的是，由于烟道气中水蒸汽的冷凝，降低烟道气的温度可导致硫酸和亚硫酸的形成，硫酸和亚硫酸可腐蚀导管、管道和烟道气脱硫装置部件。因此，本领域普通技术人员将理解如何适当调节换热器 64 中的换热量，以避免或减少烟道气 62 中水蒸汽的冷凝。本领域普通技术人员还应理解的是，烟道气的温度可基于所用的氧化物组合物和 / 或其他吸收剂的类型、所用的氧化物组合物和 / 或其他吸收剂的量、以及各种其他工艺参数而相应地调节。

[0055] 接着，随后将烟道气供应至烟道气脱硫装置 (FGD) 66 中，在该脱硫装置中烟道气与氧化物组合物 68 接触。在某些实施方案中，FGD 66 可包括湿洗涤器（例如喷淋塔）、干洗洗涤器等。在某些实施方案中，烟道气可包含无机硫化合物。例如烟道气可包含二氧化硫和 / 或三氧化硫（即，由燃烧而得到的硫化合物）。

[0056] 氧化物组合物 68 包含一种或多种来自用于从煤中去除一种或多种杂质的方法 10 的上述副产物氧化物。氧化物组合物 68 与烟道气中的至少一种硫化合物反应以形成固体沉淀物 72。在一个实施方案中，氧化物组合物 68 可包含氧化钙。因此，氧化钙可与烟道气 62 中的硫化合物（例如二氧化硫和 / 或三氧化硫）反应以形成分别包含亚硫酸钙和 / 或硫酸钙的固体沉淀物 72，如下式 (IV) 和 (V) 所示：



[0059] 在其他实施方案中，其他氧化物（例如氧化钠、氧化铝和氧化亚铁）可存在于氧化物组合物 68 中，且可与烟道气中的至少一种硫化合物反应以产生相应的硫酸盐或亚硫酸盐。

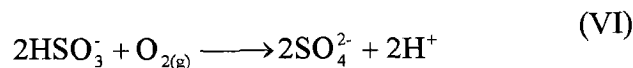
[0060] 已脱硫的烟道气 70 随后从 FGD 66 的顶部离开，而固体沉淀物 72 从 FGD 66 的底部离开。在一些实施方案中，存在于已脱硫的烟道气 70 中的硫化合物的量可为约 10ppm 至约 300ppm。在其他实施方案中，存在于已脱硫的烟道气 70 中的硫化合物的量可为约 100ppm 至约 500ppm。在又一实施方案中，存在于已脱硫的烟道气 70 中的硫化合物的量可为约 50ppm

至约 80ppm。

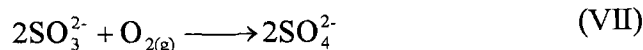
[0061] 如图 2 所示, 固体沉淀物 72 包含亚硫酸钙和硫酸钙, 且被进一步加工以形成石膏 (即,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )。具体地讲, 将固体沉淀物 72 送到换热器 74, 随后通过泵 76 输送到第三反应器 80。本领域普通技术人员应理解的是, 固体沉淀物 72 的温度可基于第三反应器 80 中所需的反应温度和各種其他工艺参数相应地进行调节。还应理解的是, 在特定的实施方案中, 烟道气 (例如  $\text{SO}_2$  或  $\text{SO}_3$ ) 与金属氧化物的反应为放热的, 因此, 可能需要降低固体沉淀物 72 的温度, 使得在方法 60 中可使用不太昂贵的建筑材料。

[0062] 来自用于去除一种或多种杂质的方法 10 的副产物氧化物 82 也通过泵 84 输送到第三反应器 80。在某些实施方案中, 副产物氧化物 82 可包括第一副产物氧化物、第二副产物氧化物、第三副产物氧化物 54、副产物氧化物流 48 或其组合。还将氧化酸 78 供应至第三反应器 80 中。将水和氧气也供应至第三反应器 80 中作为固体沉淀物 72 流、氧化酸 78 流和 / 或副产物氧化物 82 流的一部分, 或者作为单独的流 (未示出)。因此, 第三反应器 80 将固体沉淀物 72 转化为石膏, 如下式 (VI)、(VII) 和 (VIII) 所示:

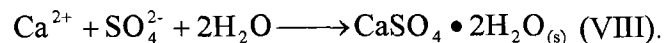
[0063]



[0064]



[0065]



[0066] 将任何所得到的气体 88 释放, 通过转鼓过滤器 90 将石膏 92 从剩余的水、可溶性副产物氧化物、副产物氧化物水合物 (即, 氧化物组合物 68) 中过滤。

[0067] 通过使用来自用于烟道气脱硫的煤净化工艺的副产物氧化物, 降低了作为用于从烟道气去除硫化合物的吸收剂所需的石灰石、石灰和 / 或其他碱性材料的量。因此, 所公开的方法的实施方案可使用一种或多种沥滤液从煤中去除显著部分或所有无机硫化合物, 且通过烟道气的脱硫去除显著部分或所有有机硫化合物。

[0068] 显而易见的是, 前述描述仅涉及本申请的优选实施方案, 在不偏离由以下权利要求及其等价物所定义的本发明的通常的精神和范围的情况下, 本领域普通技术人员可进行众多改变和修改。

[0069] 部件清单

[0070] 10 工艺

[0071] 12 煤

[0072] 14 第一沥滤液

[0073] 16 第一反应器

[0074] 20 浆料

[0075] 22 转鼓过滤器

[0076] 24 第一滤液

[0077] 26 湿煤

[0078] 28 第二沥滤液

- [0079] 30 第二反应物反应器
- [0080] 32 浆料
- [0081] 34 转鼓过滤器
- [0082] 36 第二滤液
- [0083] 38 湿煤
- [0084] 40 水洗涤装置
- [0085] 42 经水洗的煤
- [0086] 44 额外的装置
- [0087] 46 回收的反应物
- [0088] 48 副产物氧化物流
- [0089] 50 第一沥滤液反应器
- [0090] 52 前体
- [0091] 54 第三副产物氧化物
- [0092] 60 方法
- [0093] 62 烟道气
- [0094] 64 换热器
- [0095] 66 烟道气脱硫装置
- [0096] 68 氧化物组合物
- [0097] 70 已脱硫的烟道气
- [0098] 72 固体沉淀物
- [0099] 74 换热器
- [0100] 76 泵
- [0101] 80 第三反应器
- [0102] 82 副产物氧化物
- [0103] 84 泵
- [0104] 88 所得到的气体
- [0105] 90 转鼓过滤器
- [0106] 92 石膏

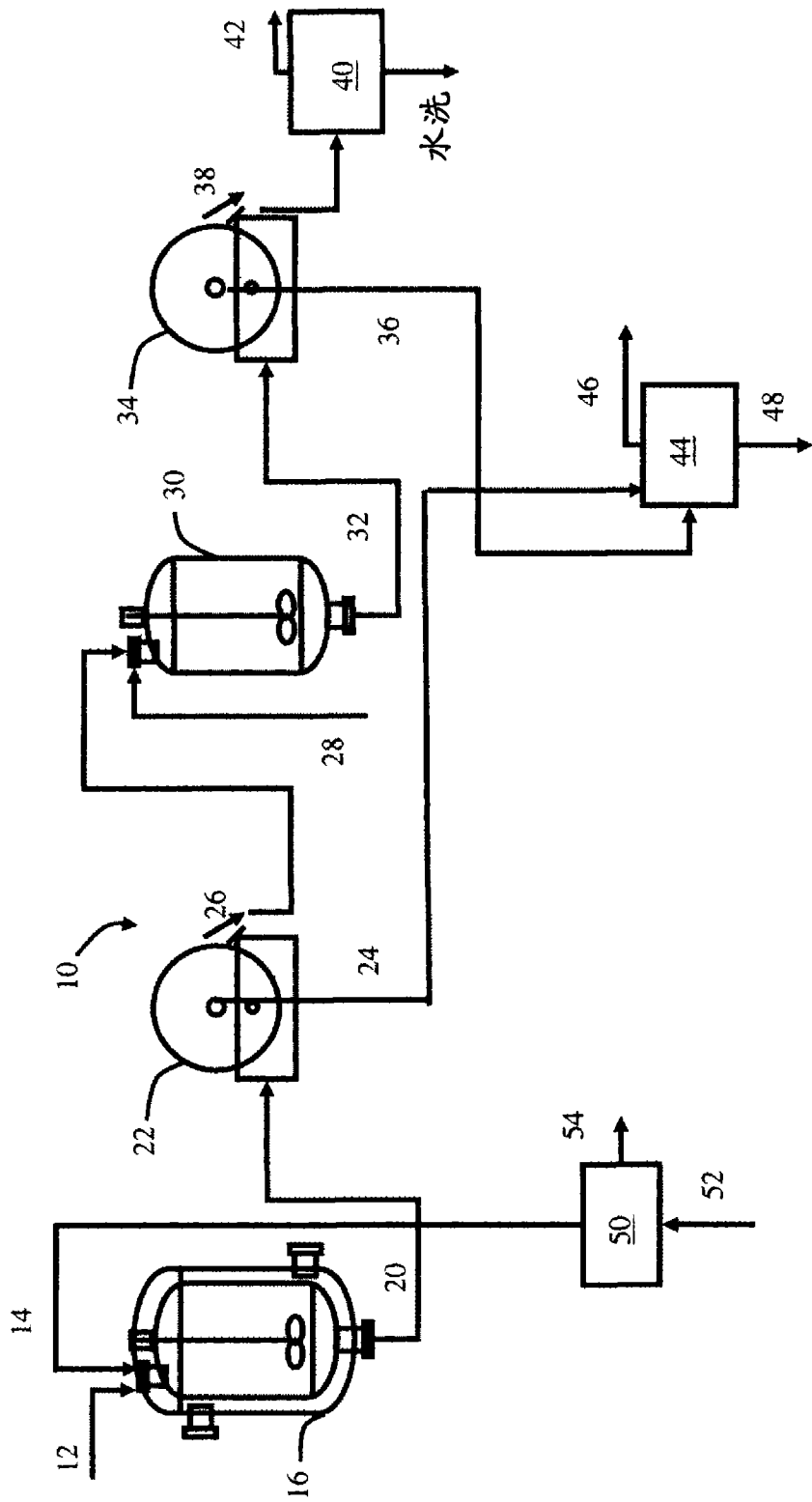


图 1

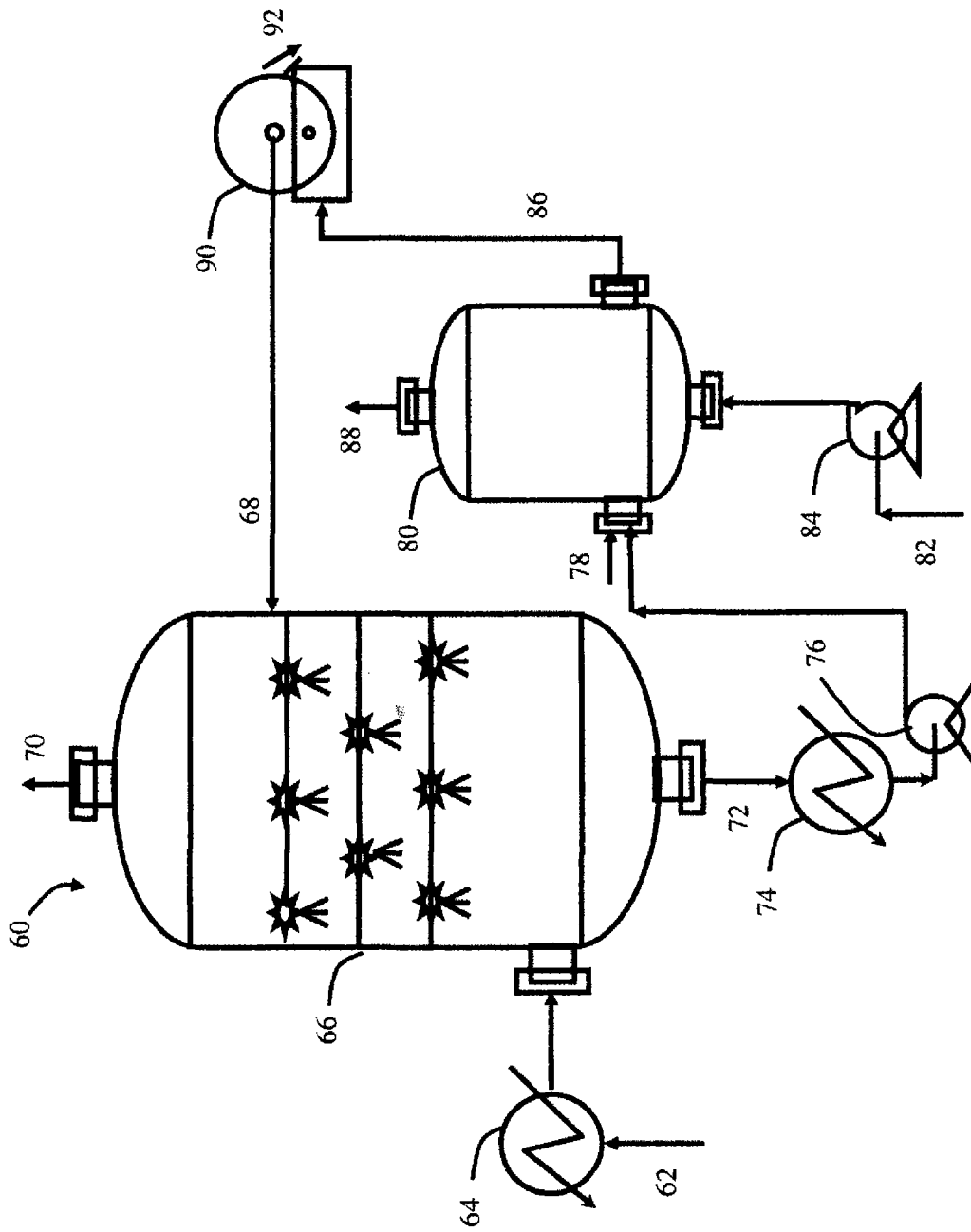


图 2