



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102198368 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 12

(21) 申请号 201110128323. 5

审查员 方瑞

(22) 申请日 2011. 03. 25

(30) 优先权数据

61/318, 044 2010. 03. 26 US

13/069, 204 2011. 03. 22 US

(73) 专利权人 巴布科克和威尔科克斯能量产生  
集团公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 纪磊 G·A·小法辛

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公  
司 31100

代理人 郭辉

(51) Int. Cl.

B01D 53/78(2006. 01)

B01D 53/62(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6036931 A, 2000. 03. 14, 说明书第 3 栏第  
48-53 行, 第 5 栏第 29-36 行, 7 栏第 27-65 行.

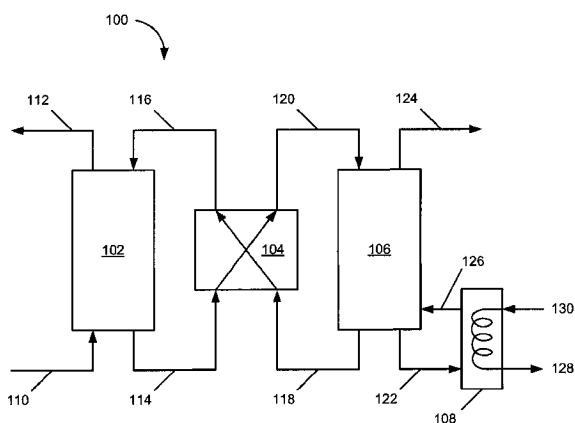
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

从气体中去除二氧化碳的化合物

(57) 摘要

根据本发明的实施方案, 使用胺基吸收化合物捕集烟气或燃烧气中CO<sub>2</sub>的方法和装置。一些实施方案中, 将CO<sub>2</sub>由湿法或干法烟气洗涤器输送到吸收塔。胺基吸收化合物加入水溶液中送至吸收塔, 吸收塔设置在湿法或干法烟气洗涤器的下游。一些实施方式中, 负载CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物送至再生步骤以再生负载CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物并汽提出吸收的CO<sub>2</sub>。一些实施方案中, 通过再沸器供给能量到汽提塔以完成再生步骤。



1. 用于燃烧后 CO<sub>2</sub>捕集的方法,包括:

(i) 将含有胺基吸收化合物的水溶液引到吸收塔,该吸收塔设置在烟气洗涤器的下游;

(ii) 从烟气洗涤器输送含有 CO<sub>2</sub>的气体到吸收塔,形成负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物;和

(iii) 使负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物到再生步骤,用以再生负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物,并从负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物中汽提 CO<sub>2</sub>,其中供给能量到汽提塔以完成再生步骤;和

其中,所述胺基吸收化合物包含选自 2-(2-羟乙基)哌啶的主胺基吸收化合物和一种或多种胺基促进剂化合物的组合,所述胺基促进剂化合物选自单乙醇胺、哌嗪、2-(1-哌嗪基)-乙胺、1-甲基哌嗪、2-甲基哌嗪、3-甲基氨基丙胺、吗啉、哌啶、或任意两种或多种的组合。

2. 权利要求 1 的方法,其中,基于水溶液的总重量,胺基吸收化合物在水溶液中的浓度范围为 10 至 95 重量百分比。

3. 权利要求 1 的方法,其中,基于水溶液的总重量,胺基吸收化合物在水溶液中的浓度范围为 15 至 90 重量百分比。

4. 权利要求 1 的方法,其中,基于水溶液的总重量,胺基吸收化合物在水溶液中的浓度范围为 20 至 85 重量百分比。

5. 权利要求 1 的方法,其中,胺基吸收化合物是水溶液,基于形成总胺基吸收化合物的胺基化合物的总量,该水溶液包含 0.5 至 30 重量百分比的两种或多种胺基促进剂化合物。

6. 权利要求 1 的方法,其中,胺基吸收化合物是水溶液,基于形成总胺基吸收化合物的胺基化合物的总量,该水溶液包含 1 至 27.5 重量百分比的两种或多种胺基促进剂化合物。

7. 权利要求 1 的方法,其中,胺基吸收化合物是水溶液,基于形成总胺基吸收化合物的胺基化合物的总量,该水溶液包含 2.5 至 25 重量百分比的两种或多种胺基促进剂化合物。

8. 权利要求 1 的方法,其中,胺基吸收化合物是水溶液,基于形成总胺基吸收化合物的胺基化合物的总量,该水溶液包含 5 至 22.5 重量百分比的两种或多种胺基促进剂化合物。

9. 用于燃烧后 CO<sub>2</sub>捕集的方法,包括:

(I) 将含有胺基吸收化合物的水溶液引到吸收塔,吸收塔设置在烟气洗涤器的下游;

(II) 从烟气洗涤器输送含有 CO<sub>2</sub>的气体到吸收塔,形成负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物;和

(III) 使负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物到再生步骤用以再生负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物,并从负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物中汽提 CO<sub>2</sub>,供给能量到汽提塔以完成再生步骤,

其中,所述胺基吸收化合物是主胺基吸收化合物和一种或多种胺基促进剂化合物的组合,所述主胺基吸收化合物是 2-(2-羟乙基)-哌啶。

10. 权利要求 9 的方法,其中,基于水溶液的总重量,胺基吸收化合物在水溶液中的浓度范围为 10 至 95 重量百分比。

11. 权利要求 9 的方法,其中,基于水溶液的总重量,胺基吸收化合物在水溶液中的浓度范围为 15 至 90 重量百分比。

12. 权利要求 9 的方法,其中,基于水溶液的总重量,胺基吸收化合物在水溶液中的浓度范围为 20 至 85 重量百分比。

13. 权利要求 9 的方法,其中所述一种或多种胺基促进剂化合物选自单乙醇胺、哌嗪、2-(1-哌嗪基)-乙胺、1-甲基哌嗪、2-甲基哌嗪、3-甲基氨基丙胺、吗啉、哌啶、或任意两种

或多种的组合。

14. 权利要求 13 的方法,其中,基于形成总胺基吸收化合物的胺基化合物的总量,胺基吸收化合物是包含 0.5 至 30 重量百分比的一种或多种胺基促进剂化合物的水溶液。

15. 权利要求 13 的方法,其中,基于形成总胺基吸收化合物的胺基化合物的总量,胺基吸收化合物是包含 1 至 27.5 重量百分比的一种或多种胺基促进剂化合物的水溶液。

16. 权利要求 13 的方法,其中,基于形成总胺基吸收化合物的胺基化合物的总量,胺基吸收化合物是包含 2.5 至 25 重量百分比的一种或多种胺基促进剂化合物的水溶液。

17. 权利要求 13 的方法,其中,基于形成总胺基吸收化合物的胺基化合物的总量,胺基吸收化合物是包含 5 至 22.5 重量百分比的一种或多种胺基促进剂化合物的水溶液。

18. 用于 CO<sub>2</sub>捕集的方法,包括:

(a) 将含有胺基吸收化合物的水溶液引到吸收塔,吸收塔设置在产生燃烧气体 CO<sub>2</sub>的燃烧工艺的下游、或独立于产生燃烧气体 CO<sub>2</sub>的燃烧工艺;

(b) 输送含有 CO<sub>2</sub>的气体到吸收塔,形成负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物;和

(c) 使负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物到再生步骤用以再生负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物,并从负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物中汽提 CO<sub>2</sub>,其中供给能量到汽提塔以完成再生步骤;和

其中,所述胺基吸收化合物是主胺基吸收化合物和两种或多种不同胺基促进剂化合物的组合,所述主胺基吸收化合物是 2-(2-羟乙基)-哌啶。

19. 权利要求 18 的方法,其中,基于水溶液的总重量,胺基吸收化合物在水溶液中的浓度范围为 10 至 95 重量百分比。

20. 权利要求 18 的方法,其中,基于水溶液的总重量,胺基吸收化合物在水溶液中的浓度范围为 15 至 90 重量百分比。

21. 权利要求 18 的方法,其中,基于水溶液的总重量,胺基吸收化合物在水溶液中的浓度范围为 20 至 85 重量百分比。

22. 权利要求 18 的方法,其中,所述两种或多种胺基促进剂化合物选自单乙醇胺、哌嗪、2-(1-哌嗪基)-乙胺、1-甲基哌嗪、2-甲基哌嗪、3-甲基氨基丙胺、吗啉、哌啶、或其组合。

23. 权利要求 22 的方法,其中,基于形成总胺基吸收化合物的胺基化合物的总量,胺基吸收化合物是包含 0.5 至 30 重量百分比的两种或多种胺基促进剂化合物的水溶液。

24. 权利要求 22 的方法,其中,基于形成总胺基吸收化合物的胺基化合物的总量,胺基吸收化合物是包含 1 至 27.5 重量百分比的两种或多种胺基促进剂化合物的水溶液。

25. 权利要求 22 的方法,其中,基于形成总胺基吸收化合物的胺基化合物的总量,胺基吸收化合物是包含 2.5 至 25 重量百分比的两种或多种胺基促进剂化合物的水溶液。

26. 权利要求 22 的方法,其中,基于形成总胺基吸收化合物的胺基化合物的总量,胺基吸收化合物是包含 5 至 22.5 重量百分比的两种或多种胺基促进剂化合物的水溶液。

## 从气体中去除二氧化碳的化合物

[0001] 相关的申请资料

[0002] 本专利申请要求 2010 年 3 月 26 日提出的, 名称为“从烟气中去除二氧化碳的化学溶剂”的美国临时专利申请号为 61/318, 044 的优先权。该临时专利申请的全文在此引入作为参考, 视同全部在此提出。

### 技术领域

[0003] 本发明具体涉及燃烧后二氧化碳捕集领域。

### 背景技术

[0004] 政府机构, 例如, 美国国家环境保护局, 设置了可排放到环境中的污染物的具体限制。这些限制被称作排放标准。除了其它方面外, 很多排放标准聚焦控制来自工业、汽车、电厂和小型设备如割草机和柴油发电机的污染物排放。

[0005] 具有胺基化合物和 / 或溶液的  $\text{CO}_2$  化学吸收剂用于燃煤电厂的燃烧后的碳捕集是现有技术。现有使用胺基吸收工艺捕集燃烧后  $\text{CO}_2$  的技术。

[0006] Yoshida 等人的美国专利申请第 6, 036, 931 号公开了一种从烟气中分离  $\text{CO}_2$  的技术, 使用了胺 X 和促进剂 Y 的混合水溶液。胺 X 可以选自位阻胺 2-氨基-2-甲基-1-丙醇 (“AMP”) 或选自分子中具有一个醇羟基和伯氨基的基团, 其中伯氨基团键合在具有两个未被取代的烷基团的叔碳上。

[0007] Yoshida 等人的美国专利第 6, 500, 397 号公开了一种和美国专利第 6, 036, 931 号记载的相似的技术。该参考文献公开了另一种从烟气中去除  $\text{CO}_2$  的技术, 其中包括使用 2-(甲氨基)-乙醇或 2-乙氨基乙醇作为  $\text{CO}_2$  吸收剂, 其中吸收剂的浓度为 25 ~ 65wt%。

[0008] Suzuki 的美国专利第 6, 051, 161 号公开了一种选择用混合的胺类水溶液与烟气接触以分离  $\text{CO}_2$  的技术。其观念同上述已公开的非常相似。提倡的胺举例为二乙基氨基乙酰胺, 2-丁氨基乙酰胺, 和 2-二甲基氨基-N,N-二甲基乙酰胺。Suzuki 等人的美国专利第 5, 904, 908 号公开了关于  $\text{CO}_2$  捕集化合物选择的几乎相同的观念。

[0009] Peytavy 等人的美国专利第 5, 366, 709 号公开了一种技术, 其中丁基乙醇胺活化的叔链烷醇胺用作去除  $\text{CO}_2$  的液体溶液。声称使用这种溶液增加了  $\text{CO}_2$  吸收的能力。

[0010] Sartori 等人的美国专利第 4, 112, 051 号公开了一种用于从气体混合物中去除  $\text{CO}_2$  的方法, 其中建议了一种胺基液体吸收剂。胺基溶液是一种用于  $\text{CO}_2$  的物理吸收剂, 并且胺是一种空间位阻胺。

[0011] 由于低效率和从烟气中去除  $\text{CO}_2$  的其他固有限制, 上述工艺受到限制。

[0012] 需要一种从烟气中去除  $\text{CO}_2$  的有效方法和装置。

### 发明内容

[0013] 涉及  $\text{CO}_2$  吸收剂的现有技术主要集中于提高不同胺类的吸收率, 例如叔胺类或一些位阻胺, 这些胺具有较大的  $\text{CO}_2$  吸收能力和较小的反应热。一种途径是将不同的活化剂

同叔胺或位阻胺混合。

[0014] 本发明的实施方案包括一种系统和方法,是使用 2-(2-羟乙基)-哌啶 (“2-PE”) 或 2-PE 与一种或多种附加的促进剂化合物混合,然后放入水溶液中,用作燃烧后烟气碳捕集的 CO<sub>2</sub>吸收溶液。2-PE 适于该目的,归功于它的特性,如高吸收率和高吸收能力。

[0015] 在本发明实施方案的胺基燃烧后 CO<sub>2</sub>捕集工艺中,附加能量损失大多来自再生吸收溶液中的一种或多种胺类化合物所需的再生能量。更特别地,再生能量由三个不同部分组成:显热,是加热负载 CO<sub>2</sub>溶液到汽提塔的温度所需的能量;逆向反应热,涉及特定胺类的反应热;以及汽提蒸汽,是为游离的 CO<sub>2</sub>汽提离开溶液提供驱动力所需的蒸汽。

[0016] 较高的 CO<sub>2</sub>工作能力将减少吸收液在吸收塔和汽提塔之间的循环速率,将直接最小化显热需求。对于叔胺或一些位阻胺,碳酸氢盐是溶液中的优势种类,相对于形成氨基甲酸盐具有更小的反应热,通常使用伯胺或仲胺(这里“伯”涉及应用的胺的类型,而不包括下面讨论的“主”的定义)作为 CO<sub>2</sub>吸收溶液中的胺基吸收化合物时,氨基甲酸盐是优势种类。溶液中的碳酸氢盐类的百分含量越高,释放 CO<sub>2</sub>的逆向反应所需的能量越少。对于 CO<sub>2</sub>吸收速率,速率越高,反应到达平衡状态越快,吸收塔越短,因此会减少费用。

[0017] 本发明的实施方案提供一种水溶液基 CO<sub>2</sub>化学吸收塔,当吸收塔内保持适当的反应速率时,具有或需要汽提塔内能量需求(也同样可涉及例如再生器)最小。优点是减少的吸收塔的资金费用。

[0018] 本发明一个方面提出一种使用胺基溶液用于烟气 CO<sub>2</sub>捕集的改进方法和装置。

[0019] 相应地,本发明一个方面提出一种用于燃烧后 CO<sub>2</sub>捕集的方法,包括:(i) 将一种含有胺基吸收化合物的水溶液引到吸收塔,吸收塔设置在烟气洗涤器的下游;(ii) 从烟气洗涤器输送含有 CO<sub>2</sub>的气体到吸收塔,形成负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物;和(iii) 使负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物到再生步骤用以再生负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物,并从负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物中汽提 CO<sub>2</sub>,其中供给能量到汽提塔以完成再生步骤。

[0020] 相应地,本发明另一个方面提出一种用于燃烧后 CO<sub>2</sub>捕集的方法,包括:(I) 将一种含有胺基吸收化合物的水溶液引到吸收塔,吸收塔设置在烟气洗涤器的下游;(II) 从烟气洗涤器输送含有 CO<sub>2</sub>的气体到吸收塔,形成负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物;和(III) 使负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物到再生步骤用以再生负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物,并从负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物中汽提 CO<sub>2</sub>,其中供给能量到汽提塔以完成再生步骤,其中胺基吸收化合物是 2-(2-羟乙基)-哌啶。

[0021] 相应地,本发明又一个方面提出一种用于燃烧后 CO<sub>2</sub>捕集的方法,包括:(a) 将一种含有胺基吸收化合物的水溶液引到吸收塔,吸收塔设置在下游、或独立于产生燃烧气体 CO<sub>2</sub>的燃烧工艺;(b) 从烟气洗涤器输送含有 CO<sub>2</sub>的气体到吸收塔,形成负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物;和(c) 使负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物到再生步骤用以再生负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物,并从负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物中汽提 CO<sub>2</sub>,其中供给能量到汽提塔以完成再生步骤。

[0022] 相应地,本发明又一个方面提出一种用于燃烧后 CO<sub>2</sub>捕集的装置,包括:至少一个吸收塔,该至少一个吸收塔的塔内包含胺基水吸收溶液(或一种或多种胺基吸收化合物),其中该至少一个吸收塔设置在湿法、或干法烟气洗涤器的下游;至少一个装置用于输送来自湿法、或干法烟气洗涤器的 CO<sub>2</sub>到吸收塔以形成负载 CO<sub>2</sub>的胺基水吸收溶液(或一种或多种胺基吸收化合物);至少一个汽提塔装置,用于完成负载 CO<sub>2</sub>的胺基水吸收溶液(或一种

或多种胺基吸收化合物)的再生,以再生负载 CO<sub>2</sub>的胺基水吸收溶液(或一种或多种胺基吸收化合物),同时从负载 CO<sub>2</sub>的胺基水吸收溶液(或一种或多种胺基吸收化合物)中汽提出 CO<sub>2</sub>;和至少一个再沸器,该再沸器设计为汽提塔装置提供能量以便于负载 CO<sub>2</sub>的胺基水吸收溶液(或一种或多种胺基吸收化合物)的再生。

[0023] 表征本发明新颖性的各种特征由附属的权利要求特别指出并形成公开的一部分。为了更好地理解本发明、它的操作优点及其使用所得到的特殊目标,对附图和说明的内容作出了说明,其中列举了一个优选的实施方案。

## 附图说明

[0024] 图中:

[0025] 图 1 示出了根据本发明的一个实施方案的方法和装置的流程图;

[0026] 图 2 示出了一种类型的系统流程图,该系统生成的含 CO<sub>2</sub>燃烧气体可进行本发明 CO<sub>2</sub>捕集;

[0027] 图 3 示出了另一种类型的系统流程图,系统生成的含 CO<sub>2</sub>燃烧气体可使用本发明一个实施方案的 CO<sub>2</sub>捕集系统进行 CO<sub>2</sub>捕集;

[0028] 图 4 示出了又一种类型的系统流程图,系统生成的含 CO<sub>2</sub>燃烧气体可使用本发明一个实施方案的 CO<sub>2</sub>捕集系统进行 CO<sub>2</sub>捕集;

[0029] 图 5 示出了又一种类型的系统流程图,系统生成的含 CO<sub>2</sub>燃烧气体可使用本发明一个实施方案的 CO<sub>2</sub>捕集系统进行 CO<sub>2</sub>捕集;

[0030] 图 6 是显示了 40°C 下 30 重量百分比 MEA, 40 重量百分比 2-PE, 和 2-PE/PZ (30 重量百分比 /10 重量百分比) 的平衡分压数据与 CO<sub>2</sub>量图表;和

[0031] 图 7 是显示了 40°C 下 30 重量百分比 MEA, 40 重量百分比 2-PE, 和 2-PE/PZ (30 重量百分比 /10 重量百分比) 的 CO<sub>2</sub>吸收速率数据图。

## 具体实施方式

[0032] 现参见附图,其中,几幅图中相同的附图标记表示相同或功能相似的元件,图 1 示出根据本发明的一个实施方案的方法和装置的流程图,使用含胺的水基溶液用于烟气 CO<sub>2</sub>捕集。图 1 的 CO<sub>2</sub>捕集装置 100 中,装置 100 包括 CO<sub>2</sub>吸收塔段 102,热交换器段 104,CO<sub>2</sub>汽提塔段 106 和再沸器段 108。装置 100 的部件 102,104,106 和 108 相互连接,如图 1 所示,各段将在此详述。关于 CO<sub>2</sub>吸收塔段 102,该段包含至少一个 CO<sub>2</sub>吸收塔,CO<sub>2</sub>吸收塔中包含下面详述的根据本发明的任一实施方案的胺基吸收化合物。关于热交换器段 104,热交换器段 104 包含一个或多个热交换器,设计用于从一个工艺流程传递热量到另一个工艺流程。适用于本发明的热交换器为那些本领域技术人员已知,因此,为了简洁此处省略详细论述。关于 CO<sub>2</sub>汽提塔段 106,CO<sub>2</sub>汽提塔段 106 包含一个或多个装置,设计为从负载 CO<sub>2</sub>的胺基吸收化合物中去除并捕集 CO<sub>2</sub>,将因此捕集的 CO<sub>2</sub>封存或以任意适当的方式应用。适合的 CO<sub>2</sub>汽提塔装置为那些本领域技术人员已知,因此,为了简洁此处省略详细论述。关于再沸器段 108,再沸器段 108 设计为利用热量、废热、或涡轮抽提蒸汽向 CO<sub>2</sub>汽提塔段 106 所包含的一个或多个 CO<sub>2</sub>汽提塔装置提供能量。适合的再沸器为那些本领域技术人员所已知,因此,为了简洁此处省略详细论述。

[0033] 关于装置 100, 含  $\text{CO}_2$  的燃烧气, 含  $\text{CO}_2$  的烟气, 或含  $\text{CO}_2$  的气体 (这也可替换地称为负载  $\text{CO}_2$  的气体) 通过任何适合的供应装置 110 供到  $\text{CO}_2$  吸收塔段 102。由于此处描述的本发明的装置和方法, 去除了含有  $\text{CO}_2$  的燃烧气, 含有  $\text{CO}_2$  的烟气, 或含有  $\text{CO}_2$  的气体中的一些或全部  $\text{CO}_2$ , 因此使  $\text{CO}_2$  吸收塔段 102 通过适合的输出供应装置输出“洁净”的燃烧气, “洁净”的烟气, 或“洁净”的气体。如图 1 所示, 负载  $\text{CO}_2$  的冷溶液通过供应装置 114 供应到热交换器段 104 的一个入口侧, 其中负载  $\text{CO}_2$  的冷溶液从热交换器段 104 的另一侧吸收热量。热交换器 104 的另一侧通过供应装置 118 接收来自  $\text{CO}_2$  汽提塔段 106 的脱除了  $\text{CO}_2$  的热溶液, 传输它的热量给上述负载  $\text{CO}_2$  的冷溶液。现在脱除了  $\text{CO}_2$  的冷溶液通过供应装置 116 供应到  $\text{CO}_2$  吸收塔段 102, 这样  $\text{CO}_2$  吸收塔段 102 具有脱除了  $\text{CO}_2$  的溶液供给, 并且适于启动本发明的  $\text{CO}_2$  捕集工序, 其中, 脱除了  $\text{CO}_2$  的溶液含有依据本发明的不同实施方案的含胺水基溶液。如这里所用的, 术语“负载”和“脱除”是相对的, 且没有赋予除了本发明“负载  $\text{CO}_2$  的介质 / 溶液”以外的给定介质中  $\text{CO}_2$  的任何具体浓度等级, 它比“脱除了  $\text{CO}_2$  的介质 / 溶液”含有较多的, 或仅仅稍多的  $\text{CO}_2$ 。

[0034] 一旦负载  $\text{CO}_2$  的冷溶液在热交换器段 104 内吸收热量, 此时成为负载  $\text{CO}_2$  的热溶液, 并通过供应装置 120 供应到  $\text{CO}_2$  汽提塔段 106。在  $\text{CO}_2$  汽提塔段 106 内,  $\text{CO}_2$  从热的负载  $\text{CO}_2$  的溶液中汽提出来, 产生脱除了  $\text{CO}_2$  的溶液, 并通过上述的供应装置 118 返回到热交换器段 104。所汽提的  $\text{CO}_2$  通过供应装置 124 供应到任何适合的容器或封存系统。适合的容器或封存系统为本领域所已知的, 因此, 为了简洁此处省略了详细论述。如系统 100 中所示,  $\text{CO}_2$  汽提塔段 106 通过再沸器段 108 接收来自热、废热、或涡轮抽提蒸汽的操作能量, 再沸器段 108 具有热输入端 130 和热输出端供应装置 126, 向  $\text{CO}_2$  汽提塔段 106 供应能量和 / 或热量, 以及冷的返回输入供应装置 122 和冷的输出端 128 供应耗尽操作能量的载体返回到它所来的地方。

[0035] 参见图 2, 图 2 示出了一种可能的燃烧 / 矿物燃料系统 200 的流程, 其中, 系统 100 可用于捕集燃烧工序中产生的一些或全部  $\text{CO}_2$ 。系统 200 中, 段 202 表示矿物燃料型、生物质型、黑液型、或任何其它形式的锅炉, 通过任意燃烧工序产生热量。使用广泛的可燃燃料的大量锅炉为本领域所已知, 本发明意欲包含任何形式的操作过程中产生  $\text{CO}_2$  的燃烧工序。因为这些工序为本领域技术人员所已知, 为了简洁此处省略了详细论述。

[0036] 如图 2 所示, 当系统 200 为矿物燃料锅炉时, 锅炉段 202 操作地连接到选择性催化还原 (SCR) 段 204, 设计为减轻和 / 或降低燃烧工序中产生的任何  $\text{NO}_x$ 。这种 SCR 装置为本领域技术人员所已知, 因此, 为了简洁此处省略了详细论述。图 2 的系统 200 中, SCR 段 204 操作地连接到颗粒收集段 206。颗粒收集段 206 可选自本领域技术人员所已知的静电除尘器或颗粒过滤器。颗粒收集段 206 操作地连接到烟气脱硫段 208, 其设计用于除去烟气和 / 或燃烧气中的  $\text{SO}_x$ 。如本领域技术人员所已知, 烟气脱硫段 208 可选自任何适合的已有湿法或干法烟气脱硫装置。最后, 图 1 中的  $\text{CO}_2$  捕集装置 100 (简单示为段 100 以易于参考) 操作连接到烟气脱硫段 208 的输出端。

[0037] 参见图 3, 图 3 示出了一个流程图, 关于另一种可能的燃烧 / 矿物燃料系统 300 可使用  $\text{CO}_2$  捕集装置 100 捕集燃烧工序中产生的一些或所有的  $\text{CO}_2$ 。除了去掉了设置在 SCR 段 204 和燃气脱硫段 208 之间的颗粒收集段 206 外, 系统 300 与图 2 的系统 200 相同。如图 3 所示, 段 100 是图 1 中的  $\text{CO}_2$  捕集装置 100 的简化表示。

[0038] 参见图 4, 图 4 示出了一个流程图, 关于又一种可能的燃烧 / 矿物燃料系统 400 可使用 CO<sub>2</sub>捕集装置 100 捕集燃烧工序中产生的一些或所有的 CO<sub>2</sub>。除了去掉了颗粒收集段 206 和烟气脱硫段 208, 以及 CO<sub>2</sub>捕集装置 100 操作连接到 SCR 段 204 外, 系统 400 同图 2 的系统 200 相同。如图 4 所示, 段 100 是图 1 中的 CO<sub>2</sub>捕集装置 100 的简化表示。

[0039] 参见图 5, 图 5 示出了一个流程图, 关于又一种可能的燃烧 / 矿物燃料系统 500 可使用 CO<sub>2</sub>捕集装置 100 捕集燃烧工序中产生的一些或所有的 CO<sub>2</sub>。除了将 SCR 段 204、颗粒收集段 206 和烟气脱硫段 208 去掉全部, 以及 CO<sub>2</sub>捕集装置 100 直接操作连接到任意的燃烧或锅炉段 202 外, 系统 500 同图 2 的系统 200 相同。如图 5 所示, 段 100 是图 1 中的 CO<sub>2</sub>捕集装置 100 的简化的表示。

[0040] 关于图 2 到图 5 中的系统, 如本领域技术人员所已知的, 其它各种已知的排放控制装置和 / 或系统可连接到这些系统中的任意合适位置, 即使没有具体的示出这些排放控制装置和 / 或系统。因此, 本发明的系统 200、300、400 和 500 具有宽泛的解释。考虑到这点, 本发明的系统 100 并不单独限制于本发明的系统 200、300、400 和 / 或 500 的应用。

[0041] 本文所使用的, 适于结合本发明的供应装置独立地包括, 但并不限制于烟道、导管、管道、布线管或任何适合的用于传输气体和 / 或液体的方式。这些适合的额外用于传输气体的装置是本领域技术人员所已知的, 因此, 为了简洁此处省略了详细论述。

[0042] 上面所给出的, 一个实施方案中, CO<sub>2</sub>从湿法或干法烟气洗涤器传输至吸收塔。一个实施方案中, 胺基吸收化合物 (如下面所定义的) 在水溶液中送至设置在湿法或干法烟气洗涤器下游的吸收塔, 以形成含胺的水溶液。一个实施方案中, 将负载 CO<sub>2</sub>的含胺水溶液送至再生步骤以再生负载 CO<sub>2</sub>的含胺水溶液并汽提出所吸收的 CO<sub>2</sub>。一个实施方案中, 通过再沸器输送能量到汽提塔以完成再生步骤。

[0043] 一个实施方案中, 水溶液中的胺基吸收化合物的浓度范围的重量百分比为, 基于水溶液总重, 约 10 至约 95 重量百分比, 或约 15 至约 90 重量百分比, 或约 20 至约 85 重量百分比, 或约 25 至约 80 重量百分比, 或约 30 至约 75 重量百分比, 或约 35 至约 70 重量百分比, 或约 40 至约 65 重量百分比, 或约 45 至约 55 重量百分比。在此处以及说明书和权利要求其它处, 来自一个或多个实施方案和 / 或范围的单独的数值或限制, 可以结合以形成另外没有公开的和 / 或没有指定的范围。

[0044] 一个实施方案中, 胺基吸收化合物仅由一种主胺基吸收化合物形成, 其为主要和 / 或唯一的化合物实现吸收 CO<sub>2</sub>。这个实施方案中, 胺基吸收化合物仅形成自 2-(2- 羟乙基) 哌啶 (也称为 2-PE), 其根据前面定义的量而使用。如说明书和权利要求中所使用的, 短语“主胺基吸收化合物”意指称为“主胺基吸收化合物”的胺基化合物是本发明主要或唯一的胺基吸收化合物。此处词语“主”当与词语“胺基吸收化合物”结合使用时, 对于本发明, 并不涉及任意胺化合物的胺分配的性质。换句话说, 词语“主”不是用来指代取代伯胺、仲胺、或叔胺位置的一个或多个氢原子而连接到氮原子上的取代基的数量, 而如上所述, 短语“主胺基 (primary amine-based) 吸收化合物”意指称为“主胺基吸收化合物”的胺基化合物是本发明主要或唯一的胺基吸收化合物。如上所指出的, 这里所使用短语“主胺基吸收化合物”是因为, 一些实施方案中, 使用与本发明有关的两种或多种胺基吸收化合物。这样占有主要量的吸收化合物 (即基于所使用的胺类化合物总重量, 至少为 50.1wt%) 称为“主胺基吸收化合物”, 而占少量的一种或多种胺基吸收化合物 (即基于所使用的胺化合物重量



的重量百分比为不多于 49.9) 称为一种或多种胺基促进剂化合物。

[0045] 另一个实施方案中,本发明的胺基吸收化合物是主胺基吸收化合物和一种或多种胺基促进剂化合物的结合。在这些实施方案中,主胺基吸收化合物是 2-(2-羟乙基)哌啶(也称为 2-PE),而一种或多种胺基促进剂化合物选自一种或多种单乙醇胺(“MEA”)、哌啶(“PZ”)、2-(1-哌啶基)-乙胺(“PZEA”)、1-甲基哌啶、2-甲基哌啶、3-甲基氨基丙胺(“MAPA”)、吗啉、哌啶、或两种或多种合适的组合。

[0046] 因此,如上述所指出的,一个实施方案中,胺基吸收化合物是单乙醇胺(“MEA”)和 2-PE 水溶液,浓度在上述所定义的范围。另一个实施方案中,胺基吸收化合物是哌啶(“PZ”)和 2-PE 水溶液,浓度在上述所定义的范围。在又一个实施方案中,胺基吸收化合物是 2-(1-哌啶基)-乙胺(“PZEA”)和 2-PE 水溶液,浓度在上述所定义的范围。在又一个实施方案中,胺基吸收化合物是 1-甲基哌啶和 2-PE 水溶液,浓度在上述所定义的范围。在又一个实施方案中,胺基吸收化合物是 2-甲基哌啶和 2-PE 水溶液,浓度在上述所定义的范围。在又一个实施方案中,胺基吸收化合物是 3-甲基氨基丙胺(“MAPA”)和 2-PE 水溶液,浓度在上述所定义的范围。在又一个实施方案中,胺基吸收化合物是吗啉和 2-PE 水溶液,浓度在上述所定义的范围。在又一个实施方案中,胺基吸收化合物是哌啶和 2-PE 水溶液,浓度在上述所定义的范围。

[0047] 在又一个实施方案中,胺基吸收化合物是 2-PE 与一种或多种胺化合物的水溶液,浓度在上述所定义的范围,其中一种或多种胺化合物选自单乙醇胺(“MEA”)、哌啶(“PZ”)、2-(1-哌啶基)-乙胺(“PZEA”)、1-甲基哌啶、2-甲基哌啶、3-甲基氨基丙胺(“MAPA”)、吗啉、哌啶或合适的两种或多种组合。

[0048] 图 6 显示了 40°C 下基于 30 重量百分比 MEA、40 重量百分比 2-PE、和 2-PE/PZ(30 重量百分比/10 重量百分比)的相应的气液平衡数据下的 CO<sub>2</sub>容量。如所见的,在相似的实验条件下,2-PE 和 2-PE/PZ 的 CO<sub>2</sub>能力一直高于 MEA。

[0049] 关于图 7,对比 kg', 其是 MEA、2-PE、和 2-PE/PZ 所给出的在液体中的反应速率的计量。2-PE 的 kg' 在贫 CO<sub>2</sub>载荷条件下和 MEA 类似,而在富 CO<sub>2</sub>载荷条件下略小于 MEA。考虑到这点,在所有的 CO<sub>2</sub>载荷条件下,2-PE/PZ 始终显示出高于 MEA 的 kg'。

[0050] 本发明的进程中,发现 2-PE 这种位阻胺,是一种单独或与一种或多种胺基促进剂化合物结合的用于燃烧后 CO<sub>2</sub>捕集的有希望的化合物。考虑到这点,2-PE 的理论 CO<sub>2</sub>容量为每摩尔 2-PE 1 摩尔 CO<sub>2</sub>,因为仅会形成重碳酸盐。吸收热低于 MEA,如表 1 所示。

[0051] 对不同化合物或化合物组合的再生能量需求进行了初步分析,结果列于表 1,下面显示了再生能源分解:30 重量百分比 MEA,40 重量百分比 2-PE,和 2-PE/PZ(30 重量百分比/10 重量百分比)在通常的富和贫 CO<sub>2</sub>载荷操作条件下的吸收热( $\Delta H_{abs}$ )、显热、和汽提热。

[0052] 表 1

[0053]

化合物	浓度 (wt%)	吸收热 $\Delta H_{\text{abs}}$ (kJ/mol)	显热 (kJ/mol)	汽提热 (kJ/mol)	富/贫 载荷 (mol/mol <sub>alk</sub> )
MEA	30	82	29.8	70.9	0.50/0.25
2-PE	40	64	14.5	59.9	0.74/0.10
2-PE/PZ	30/10	63	15.5	49.9	0.48/0.10

[0054] 2-PE 和 2-PE/PZ 的再生能量的每个部分都显著低于 MEA, 这表明了负载 CO<sub>2</sub>胺类化合物再生步骤期间能量消耗非常低。

[0055] 本发明的实施方案在大气压下 CO<sub>2</sub>分压低于 20,000Pa 时, 单独使用了 2-PE 水溶液作为从烟气中去除 CO<sub>2</sub>的化合物, 或 2-PE 与至少一种促进剂的混合水溶液, 其中促进剂选自一种或多种 MEA、PZ 及其衍生物、1- 甲基哌嗪、2- 甲基哌嗪、PZEA, MAPA、吗啉、哌啶或者其中两种或多种适当的组合。如前所述, 基于水溶液的总重量, 胺基吸收化合物 (或仅为主胺基吸收化合物, 或主胺基吸收化合物与一种或多种胺基促进剂化合物的组合) 的总量范围为约 10 至约 95 重量百分比、或约 15 至约 90 重量百分比、或约 20 至约 85 重量百分比、或约 25 至约 80 重量百分比、或约 30 至约 75 重量百分比、或约 35 至约 70 重量百分比、或约 40 至约 65 重量百分比、或甚至约 45 至约 55 重量百分比。在此处以及说明书和权利要求其它处, 来自一个或多个实施方案和 / 或范围的单独数值或限制, 可以结合以形成另外没有公开的和 / 或没有指定的范围。

[0056] 在一个或多个实施方式中, 其中本发明的胺基吸收化合物中含有一种或多种胺基促进剂化合物, 基于形成本发明中总胺基吸收化合物的胺基吸收化合物与促进剂化合物的总量, 一种或多种胺基促进剂化合物的浓度范围为约 0.5 至约 30 重量百分比、或约 1 至约 27.5 重量百分比、或约 2.5 至约 25 重量百分比、或约 5 至约 22.5 重量百分比、或约 7.5 至约 20 重量百分比、或约 10 至约 17.5 重量百分比、或甚至约 12.5 至约 15 重量百分比。在此处以及说明书和权利要求其它处, 来自一个或多个实施方案和 / 或范围的单独数值, 或限制, 可以结合以形成另外没有公开的和 / 或没有指定的范围。另一个实施方案中, 含有在此所述的一种或多种胺基吸收化合物的本发明的水溶液中可以添加一种或多种可选的抗腐蚀剂和 / 或抗降解剂。这些一种或多种可选的抗腐蚀剂和 / 或抗降解剂为本领域技术人员所已知, 因此, 为了简洁此处省略详细论述。

[0057] 本发明的实施方案提供了许多超过本领域所已知的优点。希望相对于当前燃烧后 CO<sub>2</sub>捕集技术的发展水平, 本发明会在减少附加能量损失情况下, 有效去除烟气中二氧化碳。

[0058] 而不希望受限于任何理论, 相信使用一定数量的促进剂, 如 MEA 或 PZ, 所促进的 2-PE 能够增加 CO<sub>2</sub>吸收速率, 因而导致与吸收塔相关的资本费用更低。

[0059] 2-PE 的特色之一是其相对快的吸收速率,其需要较少的吸收塔内填充高度以实现一定的 CO<sub>2</sub>吸收载荷。这将减少资本费用。使用 2-PE 的另一个优点是其相对高的 CO<sub>2</sub>吸收能力,这将降低胺基水溶液的流速,并因此减少再生能量需求。

[0060] 本领域技术人员应当理解,本发明不仅限于刚才这些连同湿法或干法烟气洗涤器使用的实施方案。更确切地,本发明广泛适合于连同任何矿物燃料或其它适合的燃料(例如煤、油、天然气、重新捕获的甲烷、生物质、废料衍生燃料、延迟石油焦、黑液等)的燃烧以捕集 CO<sub>2</sub>,并广泛用于具有各种结构和类型的颗粒、氮氧化物和硫氧化物去除设备的系统以处理含 CO<sub>2</sub>的燃烧气体。这样,本发明可以广泛解释为适于应用到任何期望捕集一些或全部 CO<sub>2</sub>的工业过程。

[0061] 虽然为了阐明本发明原理的应用,已经详细地说明并描述了本发明的具体实施方案,但是应当理解为在不违背这些原理的情况下本发明可以有其它具体表现。

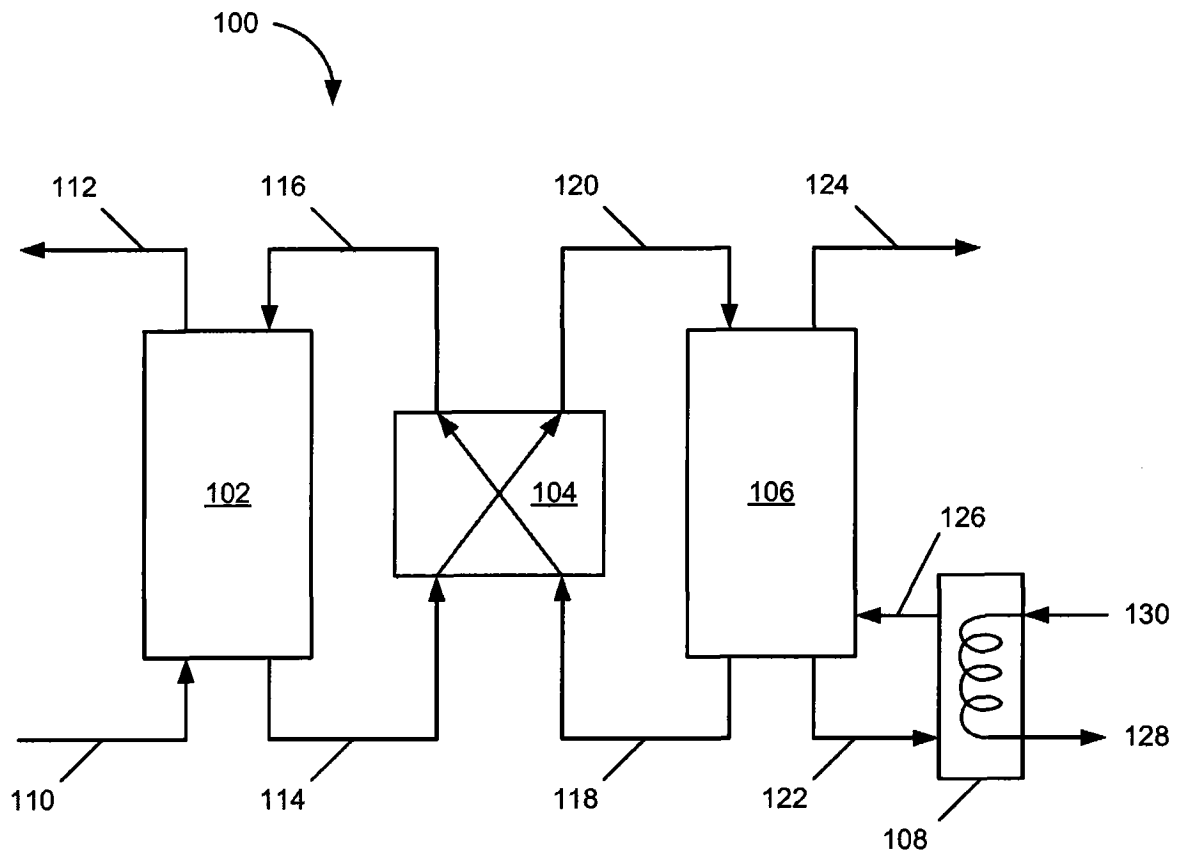


图 1

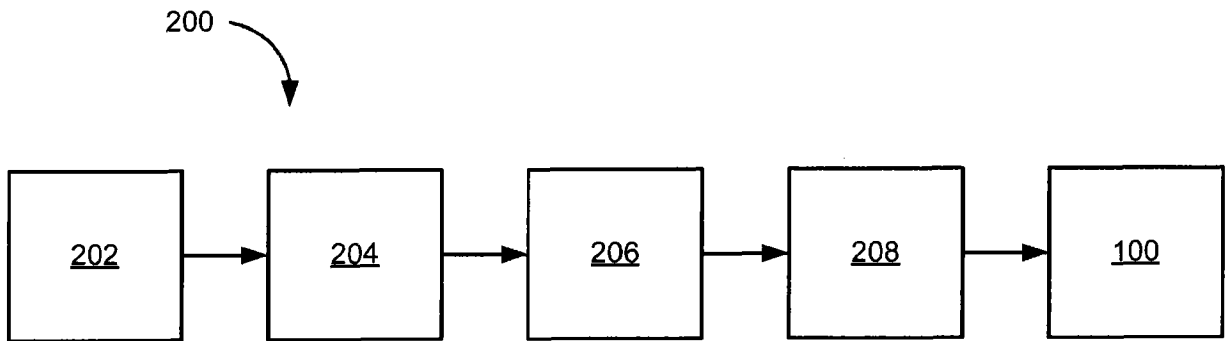


图 2

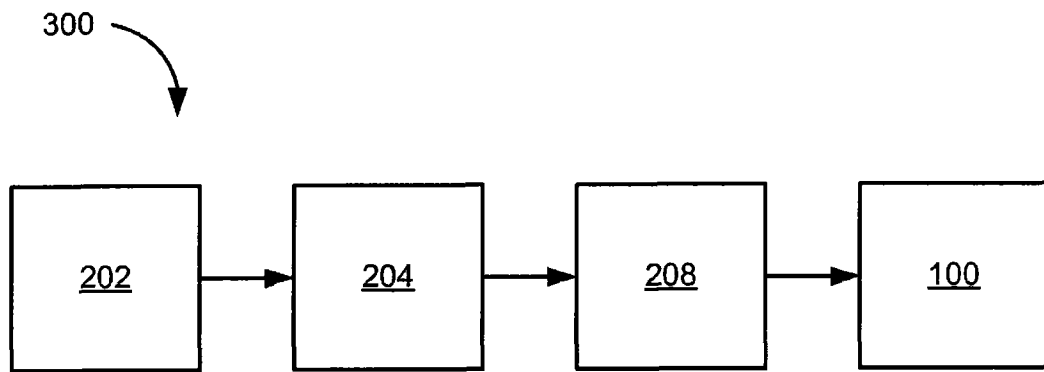


图 3

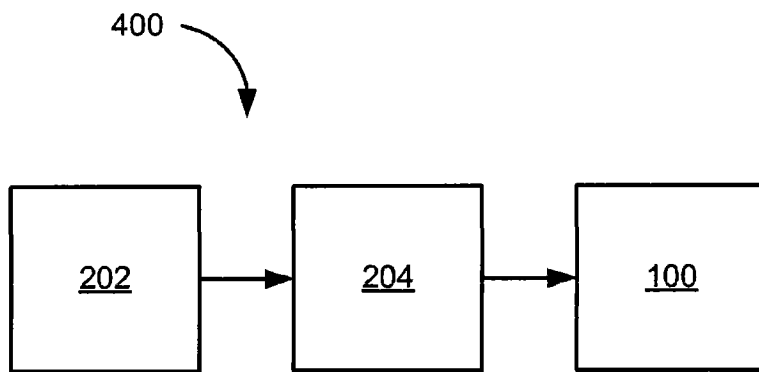


图 4

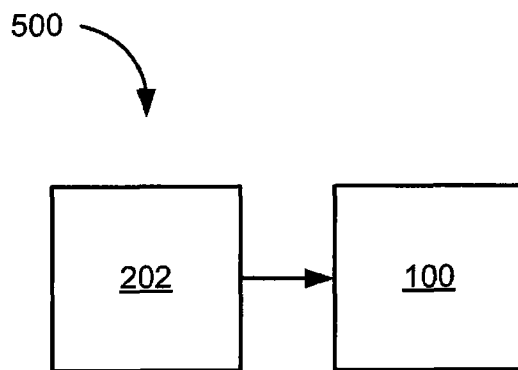


图 5

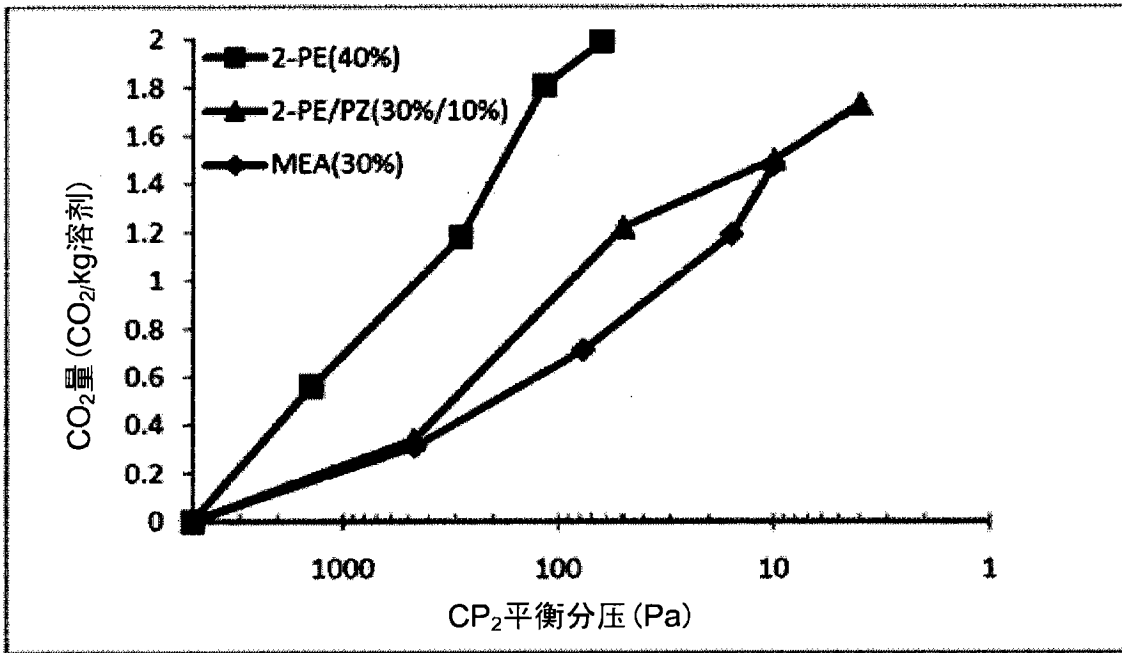


图 6

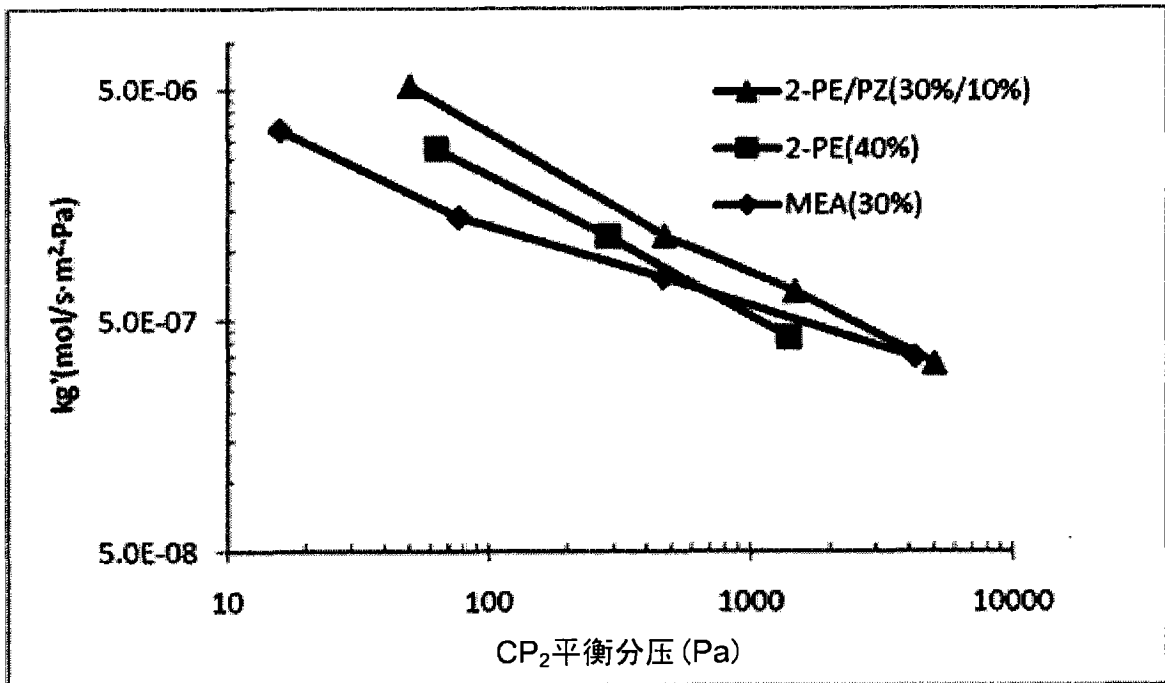


图 7