



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103657349 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310396930. 9

(22) 申请日 2013. 09. 04

(30) 优先权数据

12182954. 3 2012. 09. 04 EP

(71) 申请人 阿尔斯通技术有限公司

地址 瑞士巴登

(72) 发明人 O. 斯塔尔曼恩 G. 海恩滋

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 徐晶 林森

(51) Int. Cl.

B01D 53/18(2006. 01)

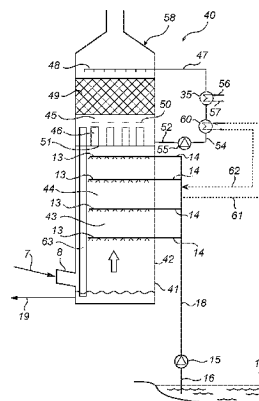
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

工艺气体的脱硫和冷却

(57) 摘要

本发明涉及一种清洁含二氧化硫的工艺气体的方法,所述方法包括在第一气体清洁装置中通过使工艺气体与海水接触来从工艺气体除去二氧化硫以生成经至少部分地清洁的工艺气体。在布置成与第一气体清洁装置直接流体连接的第二气体清洁装置中,冷却已通过第一气体清洁装置的经至少部分地清洁的工艺气体以从其冷凝水,从而生成具有减少的水蒸气含量的工艺气体。将第二气体清洁装置中生成的至少一部分冷凝水送至第一气体清洁装置。本发明还涉及一种用于清洁含二氧化硫的工艺气体的气体清洁系统。



1. 一种清洁含二氧化硫的工艺气体的方法,所述方法包括:

在第一气体清洁装置中,通过使所述工艺气体与海水接触来从所述工艺气体除去二氧化硫以生成经至少部分地清洁的工艺气体;

在布置成与所述第一气体清洁装置直接流体连接的第二气体清洁装置中,冷却已通过所述第一气体清洁装置的所述经至少部分地清洁的工艺气体以从其冷凝水,从而生成具有减少的水蒸气含量的工艺气体,和

将所述第二气体清洁装置中生成的至少一部分冷凝水送至所述第一气体清洁装置。

2. 根据权利要求1的方法,其中在所述第二气体清洁装置中的冷却包括使所述经至少部分地清洁的工艺气体与冷却液接触以从其冷凝水,由此进一步生成用过的冷却液。

3. 根据权利要求2的方法,所述方法还包括:

在所述第二气体清洁装置中精制所述经部分地清洁的工艺气体以自其进一步除去二氧化硫,从而生成经清洁的工艺气体。

4. 根据权利要求3的方法,所述方法还包括通过供给碱性物质来控制所述冷却液的pH值使之在4.5-7范围内。

5. 根据前述权利要求中任一项的方法,其中所述工艺气体在所述第二气体清洁装置中的冷却使所述工艺气体的温度降低10-55°C。

6. 根据权利要求2-5中任一项的方法,所述方法还包括

将用过的冷却液返回到所述第二气体清洁装置;其中在所述返回期间,在将海水进料提供给所述第一气体清洁装置之前,使所述用过的冷却液经受与所述海水进料的换热。

7. 根据前述权利要求中任一项的方法,所述方法包括将所述第二气体清洁装置中生成的所有过剩的水送至所述第一气体清洁装置。

8. 一种用于清洁含二氧化硫的工艺气体的气体清洁系统,所述气体清洁系统包含:

第一气体清洁装置,布置成接收所述含二氧化硫的工艺气体、接收海水进料并且使所述工艺气体与所述海水接触以从所述工艺气体除去二氧化硫,从而生成经至少部分地清洁的工艺气体;

布置成与所述第一气体清洁装置直接流体连接的第二气体清洁装置,以接收已通过所述第一气体清洁装置的所述经至少部分地清洁的工艺气体并且通过冷却所述经部分地清洁的工艺气体以从其冷凝水而除去所述经部分地清洁的工艺气体的至少一部分水含量,从而生成具有减少的水蒸气含量的工艺气体;

其中所述第一气体清洁装置布置成接收所述第二气体清洁装置中生成的至少一部分冷凝水。

9. 根据权利要求8的气体清洁系统,其中所述第二气体清洁装置布置成接收冷却液并且使所述经部分地清洁的工艺气体与所述冷却液接触,由此进一步生成用过的冷却液。

10. 根据权利要求9的气体清洁系统,其中所述第二气体清洁装置提供有填料材料以使所述冷却液与所述经至少部分地清洁的工艺气体接触。

11. 根据权利要求9或10的气体清洁系统,其中所述第二气体清洁装置提供有pH控制装置,所述pH控制装置布置成通过碱性物质的供给来控制所述冷却液的pH。

12. 根据权利要求9-11中任一项的气体清洁系统,所述气体清洁系统还包含

换热器,所述换热器布置成在海水进料被送至所述第一气体清洁装置之前接收海水进

料并且接收所述第二气体清洁装置中生成的用过的冷却液,所述换热器布置成在所述海水进料与所述用过的冷却液之间交换热。

13. 根据权利要求 8-12 中任一项的气体清洁系统,其中提供烟囱或导管以将已通过所述第一气体清洁装置的所述工艺气体直接送至所述第二气体清洁装置。

14. 根据权利要求 8-13 中任一项的气体清洁系统,其中在所述第一和第二气体清洁装置之间提供液体收集容器,所述液体收集容器布置成收集所述第二气体清洁装置中生成的冷凝水并且直接送至少一部分所述冷凝水至所述第一气体清洁装置。

15. 根据权利要求 8-14 中任一项的气体清洁系统,其中所述第二气体清洁装置提供在同一柱或塔内所述第一气体清洁装置之上。

工艺气体的脱硫和冷却

发明领域

[0001] 本发明涉及一种通过使工艺气体与海水接触以从所述工艺气体除去二氧化硫来清洁含二氧化硫的工艺气体的系统和方法。

背景技术

[0002] 许多工业过程中产生含二氧化硫 SO_2 的工艺气体。一种此类工业过程为燃料如煤、石油、泥炭、废物等在燃烧装置如发电厂中的燃烧。在此类发电厂中,生成含污染物的热工艺气体(常被称为烟气),所述污染物包括酸性气,如二氧化硫 SO_2 。在烟气可被排放到周围空气之前,需要从烟气尽可能多地除去酸性气。其中生成含污染物的工艺气体的工业过程的另一实例为从氧化铝电解生产铝。在该过程中,在电解池的通风罩内生成含二氧化硫 SO_2 的工艺气体。

[0003] WO 2008/105212 公开了一种包含锅炉、蒸汽轮机系统和海水洗涤器的锅炉系统。锅炉通过燃料的燃烧生成蒸汽轮机系统中采用的高压蒸汽以发电。海水自海洋收集并用作蒸汽轮机系统的 DCC 中的冷却介质。海水然后被用在海水洗涤器中以从锅炉中生成的烟气吸收二氧化硫 SO_2 。二氧化硫 SO_2 被吸收在海水中并形成亚硫酸根和 / 或亚硫酸氢根离子。来自海水洗涤器的排出废海水被送至曝气池。用空气鼓泡通过曝气池中的排出废海水以借助空气中所含的氧气来将亚硫酸根和 / 或亚硫酸氢根离子氧化成硫酸根离子以与排出废海水一起释放回海洋。

发明内容

[0004] 本发明的一个目的是提供一种用以清洁含二氧化硫的工艺气体如在含氧气体的存在下燃烧燃料的锅炉中生成的富二氧化碳烟气的基于海水的方法和系统,所述方法在二氧化硫除去效率和工艺整合方面有所改进。

[0005] 本发明的另一目的是提供一种用以清洁含二氧化硫的工艺气体的需要较少资本费用的方法和系统。

[0006] 在第一个方面,上述目的通过以下方法实现,所述方法包括:

在第一气体清洁装置中,通过使工艺气体与海水接触来从工艺气体除去二氧化硫以生成经至少部分地清洁的工艺气体;

在布置成与第一气体清洁装置直接流体连接的第二气体清洁装置中,冷却已通过所述第一气体清洁装置的所述经至少部分地清洁的工艺气体以从其冷凝水,从而生成具有减少的水蒸气含量的工艺气体,和

将第二气体清洁装置中生成的至少一部分冷凝水送至第一气体清洁装置。

[0007] 根据本发明的方法可有利地用在工业碳捕集和封存 (CCS) 应用中,例如氧燃料锅炉岛 (oxyfuel boiler island) 中。与先前的基于海水的方法相比,通过在如上所述布置成直接流体连接的装置中将二氧化硫除去与冷却操作组合,本发明的方法可实现改进的二氧化硫 (SO_2 , 以及其他硫氧化物 SO_x , 如 SO_3) 除去。

[0008] 在已知的工业 CCS 应用中,冷却在与碱性二氧化硫除去分开的酸性段中进行。通常需要酸性条件以避免在例如冷却设备中形成碳酸盐。碳酸盐的形成可能导致例如填料和换热器表面上的结垢或积垢。在本发明的方法中,冷却可与去除二氧化硫的碱性段直接流体连接地进行而不增加碳酸盐形成的风险。此外,海水在例如管道系统中的携带(其可能有害,因为其将导致腐蚀)可得到进一步最小化。

[0009] 工艺气体在气体清洁装置中的冷却可实现水蒸气从工艺气体的冷凝。离开第二气体清洁装置的工艺气体因此比已通过第一气体清洁装置的所述经至少部分地清洁的工艺气体含较低的量的水蒸气。仅含较低量水蒸气的工艺气体从而被送去进一步处理,例如气体压缩操作。

[0010] 将来自所述第二装置的至少一部分冷凝水送至所述第一装置可能是有利的,因为其可实现冷凝水在例如 CCS 工艺的其他部分中的利用。这可能还减少方法的总耗水量。

[0011] 根据一个实施方案,在第二气体清洁装置中的冷却包括使所述经至少部分地清洁的工艺气体与冷却液接触以从其冷凝水,由此进一步生成用过的冷却液。通过使用冷却液,例如水,所述经部分地清洁的工艺气体可得到高效冷却并且工艺气体中包含的水蒸气的含量可因此通过冷凝而高效减少。此外,所述经部分地清洁的工艺气体中的许多剩余的二氧化硫含量可因这样的与冷却液的直接接触而除去。

[0012] 根据一个实施方案,所述方法还包括在第二气体清洁装置中精制所述经部分地清洁的工艺气体以自其进一步除去二氧化硫,从而生成经清洁的工艺气体。该实施方案的一个优势在于,工艺气体中 SO_x 化合物(及其他痕量物)的含量可进一步减少,以便生成经清洁的工艺气体。

[0013] 根据一个实施方案,所述方法还包括通过供给碱性物质来控制冷却液的 pH 值使之在 4.5-7 范围内。该实施方案的一个优势在于,4.5-7 的 pH、更优选地 5-6 的 pH 可改进二氧化硫除去效率。因此在第二气体清洁装置中获得良好的气体精制效果。碱性物质可选自对冷却液具有高的 pH 影响的物质。这将确保冷却液的二氧化硫吸收能力保持高而具有仅仅小的碱性物质消耗率。碱性物质的一个非限制性实例为氢氧化钠。

[0014] 根据一个实施方案,工艺气体在第二气体清洁装置中的冷却使工艺气体的温度降低 10-55°C,例如 20-55°C,例如 30-55°C。在该实施方案中,离开所述第二装置的工艺气体的温度因此比已通过所述第一装置的经部分地清洁的气体的温度要低。在第二气体清洁装置中具有明显的温度梯度可进一步改进水蒸气从所述经部分地清洁的工艺气体的冷凝并可同时进一步改进二氧化硫和/或 SO_x 除去。

[0015] 根据一个实施方案,所述方法还包括将用过的冷却液返回到第二气体清洁装置;其中在所述返回期间,在将海水进料提供给第一气体清洁装置之前,使用过的冷却液经受与海水进料的换热。换热后,用过的冷却液因此被送至第二气体清洁装置以再次用来冷却工艺气体。用过的冷却液的再循环和换热通过例如改进第二气体清洁装置中液体循环的温度控制而可实现所述方法中传热的高效控制。高效的温度控制还防止第二气体清洁装置的变干并因此保持液体平衡。

[0016] 根据一个实施方案,所述第二装置中生成的所有过剩的水均被送至所述第一装置。在一些情况下,第二气体清洁装置中生成的所有冷凝水均被送至第一气体清洁装置。在其他情况下,第二气体清洁装置中生成的一部分冷凝水被加到冷却液的再循环中以保持液

体平衡,而过剩的水被直接送至第一气体清洁装置。这样,第二气体清洁装置的液体平衡可得以优化。

[0017] 在另一个方面,提供了一种用于清洁含二氧化硫的工艺气体的气体清洁系统,其包含:

第一气体清洁装置,布置成接收含二氧化硫的工艺气体、用于接收海水进料并且用于使工艺气体与海水接触以从工艺气体除去二氧化硫,从而生成经至少部分地清洁的工艺气体;

布置成与第一气体清洁装置直接流体连接的第二气体清洁装置,用于接收已通过第一气体清洁装置的所述经至少部分地清洁的工艺气体并且用于通过冷却所述经部分地清洁的工艺气体以从其冷凝水而除去所述经部分地清洁的工艺气体的至少一部分水含量,从而生成具有减少的水蒸气含量的工艺气体;

其中所述第一气体清洁装置布置成接收第二气体清洁装置中生成的至少一部分冷凝水。

[0018] 应理解,关于本发明的方法方面中公开的具体实施方案以及优势如同本发明的系统方面等地相关的实施方案和优势(如适用)那样被考虑,反之亦然。因此不再对第二方面详细阐述等价实施方案的特定优势,如果它们已关于第一方面公开了的话。

[0019] 本发明的气体清洁系统的一个优势在于,其提供工艺气体的清洁,所述清洁既在二氧化硫和水蒸气的除去方面高效也在运行和投资成本方面高效。通过直接流体连接地布置所述第一和第二装置,例如,系统的场所空间要求将减小。更具体而言,总体系统尺寸如所述第一和第二装置的组合的横截面积和高度可减小。

[0020] 根据一个实施方案,第二气体清洁装置布置成接收冷却液并且使所述经部分地清洁的工艺气体与冷却液接触,由此进一步生成用过的冷却液。在一些情况下,所述第二装置可包含直接接触冷却器,其布置成使所述工艺气体与所述冷却液接触。

[0021] 或者,第二气体清洁装置可包含管式 DCC,其布置成用于所述经部分地清洁的工艺气体的间接冷却。在此实施方案中,第二气体清洁装置中不采用与工艺气体直接接触的冷却液。

[0022] 根据一个实施方案,第二气体清洁装置提供有填料材料以使冷却液与所述经至少部分地清洁的工艺气体接触。这样,可以不生成大量非常小的液滴的方式获得冷却液与所述经至少部分地清洁的工艺气体之间的高效接触,非常小的液滴可能损害下游设备。

[0023] 根据一个实施方案,第二气体清洁装置提供有 pH 控制装置,其布置成通过碱性物质的供给来控制冷却液的 pH。这可实现二氧化硫从所述经部分地清洁的工艺气体的高效除去以及在第二气体清洁装置中采用更便宜的钢材。

[0024] 根据一个实施方案,气体清洁系统还包含换热器,其布置成在海水进料被送至第一气体清洁装置之前接收海水进料并且接收第二气体清洁装置中生成的用过的冷却液,所述换热器布置成在海水进料与用过的冷却液之间交换热。除提供关于方法方面所公开的优势之外,这样的换热器还可起到杠杆的作用以在第二气体清洁装置中产生期望的温度梯度并因此进一步促进水蒸气从所述经部分地清洁的工艺气体的冷凝。

[0025] 根据一个实施方案,提供了烟囱或导管以将已通过第一气体清洁装置的工艺气体直接送至第二气体清洁装置。烟囱或导管可因此提供所述第一和第二装置之间就气体而论

的直接流体连接。在已通过第一气体清洁装置之后,所述经部分地清洁的工艺气体被直接送至或通向第二气体清洁装置。

[0026] 根据一个实施方案,在第一和第二气体清洁装置之间提供了液体收集容器,所述液体收集容器布置成收集第二气体清洁装置中生成的冷凝水并且直接送至少一部分所述冷凝水至第一气体清洁装置。因此,液体收集容器提供了第二气体清洁装置与第一气体清洁装置之间相应的直接流体连接。

[0027] 根据一个实施方案,第一气体清洁装置布置成接收第二气体清洁装置中生成的所有冷凝水。在此实施方案中,第一气体清洁装置能够应付所有所述冷凝水;即没有水得要送至其他地方。在一些情况下,第一气体清洁装置布置成接收第二气体清洁装置中生成的所有过剩的水。

[0028] 根据一个实施方案,第二气体清洁装置提供在同一柱或塔内第一气体清洁装置之上。此实施方案具有进一步减少场所空间需要或系统占地面积 (footprint) 以及减少系统的总高度的优势。

[0029] 从说明书和权利要求书,本发明的其他目的和特征将显而易见。

附图说明

[0030] 下面结合附图更详细地描述本发明,在附图中:

图 1 为具有现有技术的基于海水的气体清洁系统的发电厂的示意性侧剖视图。

[0031] 图 2 为现有技术的直接接触冷却器的示意性侧剖视图。

[0032] 图 3 为根据本发明的一个实施方案的气体清洁系统的示意性侧剖视图。

[0033] 最佳实施方式

如整个说明书中所用,术语“经清洁的”、“清洁的”和“经部分地清洁的”应主要理解为指 SO_x 化合物如二氧化硫和三氧化硫从工艺气体的除去。

[0034] 当用来描述装置之间的连接和相对位置时,“直接流体连接”应理解为提供气体和液体的直接传送的连接或通路。直接流体连接的一个具体实例为其中第二气体清洁装置位于第一气体清洁装置邻近例如在其上方的系统。

[0035] 图 1 为示意性侧剖视图,示出了根据现有技术的发电厂 1。发电厂 1 包括锅炉 2,其中在经由氧供给导管 5 供给的氧的存在下燃烧经由进给管道 4 供给的燃料如煤、石油、泥炭、天然气或废物。在锅炉 2 为所谓的“氧-燃料”锅炉的情况下,氧可例如以空气的形式和/或以氧气与再循环气体的混合物的形式供给。燃料的燃烧生成呈烟气形式的热工艺气体。燃烧后,燃料中所含的硫物种至少部分地形成二氧化硫 SO_2 , 其形成烟气的一部分。

[0036] 烟气可自锅炉 2 经由流体连接的导管 6 流向呈静电沉淀器 3 形式的任选的除尘装置。静电沉淀器 3 (其实例见述于 US 4, 502, 872 中) 用来从烟气除去尘粒。作为替代方案,可使用另一类型的除尘装置,例如织物过滤器 (其实例见述于 US 4, 336, 035 中)。

[0037] 已从其任选地除去大多数尘粒的烟气自静电沉淀器 3 经由流体连接的导管 7 流向海水洗涤器 18。海水洗涤器 18 包含湿式洗涤塔 10。入口 8 布置在湿式洗涤塔 10 的下部 9 处。导管 7 流体连接至入口 8,使得自静电沉淀器 3 经由导管 7 流动的烟气可经由入口 8 进入湿式洗涤塔 10 的内部 11。

[0038] 在进入内部 11 后,烟气垂直地向上流经湿式洗涤塔 10,如箭头 F 所指示。湿式洗

涤塔 10 的中央部分 12 装配有若干彼此在上方垂直地布置的喷雾装置 13。在图 1 的系统中有三个这样的喷雾装置 13, 通常湿式洗涤塔 10 中有 1 至 20 个这样的喷雾装置 13。每个喷雾装置 13 包含供给管 14 和若干流体连接至每个供给管 14 的喷嘴。经由供给管 14 供给到喷嘴的海水被雾化并在湿式洗涤塔 10 的内部 11 中接触烟气以自其吸收二氧化硫 SO_2 。

[0039] 泵 15 布置以自海洋 17 经由流体连接的抽吸管 16 泵送海水并经由流体连接的压力管 18 送海水至流体连接的供给管 14。

[0040] 湿式洗涤塔 10 的内部 11 中由喷嘴雾化的海水在湿式洗涤塔 10 内向下流动并自湿式洗涤塔 10 的内部 11 内以 F 所示方向垂直地向上流动的烟气吸收二氧化硫。由于海水对二氧化硫的如此吸收, 随着其在湿式洗涤塔 10 的内部 11 内向下流动, 海水逐渐变成排出废海水。排出废海水被收集在湿式洗涤塔 10 的下部 9 中并自湿式洗涤塔 10 经由流体连接的排出管 19 送至海洋或至排出废海水处理系统 (未示出)。

[0041] 图 2 为示意性剖视图, 示出了根据现有技术, 通常形成 CCS 系统的一部分的直接接触冷却器 (DCC) 20。DCC 20 包括塔 25, 其填充了填料材料 26 以提供烟气与冷却液之间良好的接触, 所述烟气通常含二氧化碳, 来自例如基于石灰石的湿式洗涤器或喷雾干燥吸收器, 所述冷却液借助管 24 中的泵 22 在 DCC 20 中循环。液体分配器 27 布置成在填料材料上均匀地分配冷却液例如水。

[0042] 烟气经由导管 21 供给到塔 25 的下端并垂直向上地移动通过塔 25, 使得以逆流流动的方式与向下流动通过填料材料 26 的冷却液接触。在塔 25 的上端, 布置了除雾器 28。除雾器 28 从烟气除去液滴。

[0043] 换热器 31 布置在管 24 中, 如图 2 中所示。换热器 31 冷却管 24 中输送的冷却液。冷却介质经由管 32 供给到换热器 31 并经由管 33 离开换热器 31。冷却介质可来自冷却塔。

[0044] 供给到 DCC 20 的换热器 31 的冷却介质, 如图 2 中所示, 具有适于充分冷却管 24 中循环的冷却液的温度。在 DCC 20 的填料材料 26 中, 烟气在与冷却液直接接触后冷却。由于该冷却 (通常为至低于水蒸气的饱和温度的温度的冷却), 故在 DCC 20 内, 水自烟气冷凝。因此, 经由导管 29 离开 DCC 20 的烟气将具有比进入 DCC 20 的烟气低的水含量。风扇 30 布置成送烟气至例如气体处理单元 (未示出)。

[0045] pH 传感器 34 布置成测量管 24 中传送的冷却液的 pH。通常布置控制单元 (未示出) 以自 pH 传感器 34 接收信号。控制单元控制碱性物质如 NaOH 自邻近的碱性物质贮存器 (未示出) 的供给。因此, 控制单元通常比较借助 pH 传感器 34 所测得的 pH 与 pH 设定点。当由 pH 传感器 34 测得的 pH 低于 pH 设定点时, 控制单元将向碱供给装置 (例如, 呈泵的形式) 发送信号以便碱性物质从贮存器经由管 (未示出) 泵送至管 24 以增大冷却液的 pH。

[0046] 在离开 DCC 20 之前, 烟气将通过除雾器 28, 除雾器 28 除去烟气流所夹带的液滴。在一些情况下, 导管 29 的烟气可在换热器 (未示出) 中预热以提高导管 29 的烟气的温度。预热可以这种方式蒸发已通过除雾器 28 的一些非常小的滴和雾。

[0047] 下面结合图 3 描述本发明的实施方案。

[0048] 图 3 为示意性剖视图, 示出了根据本发明的一个实施方案的组合气体清洁系统 40。含二氧化硫的烟气例如自锅炉 2 在导管 7 中任选地经由除尘装置 3 (如图 1 中所示) 流向第一气体清洁装置 42。烟气经由入口 8 进入第一气体清洁装置 42 如湿式洗涤器段的

内部 43。

[0049] 在已进入湿式洗涤器段 42 的内部 43 后,烟气垂直地向上流过湿式洗涤器段 42。湿式洗涤器段 42 的中央部分 44 装配有若干彼此在上方垂直地布置的喷雾装置 13。在图 3 的实施方案中布置有四个这样的喷雾装置 13。湿式洗涤器段 42 中可安装 2 至 7 个这样的喷雾装置 13。取决于工艺,运行中的喷雾装置的数量可小于安装的喷雾装置的数量。每个喷雾装置 13 包含供给管 14 和若干流体连接至每个供给管 14 的喷嘴。经由供给管 14 供给到喷嘴的海水被雾化并在湿式洗涤塔 42 的内部 43 中接触烟气以自其吸收二氧化硫 SO_2 。

[0050] 泵 15 布置成自海洋 17 经由流体连接的抽吸管 16 泵送海水并经由流体连接的压力管 18 送海水至流体连接的供给管 14。在一些情况下,供给到管 14 的海水可为在该海水在海水洗涤器 42 中用作洗涤水之前先前在例如伴随锅炉 2 的蒸汽轮机系统中用作冷却水的海水。

[0051] 雾化的海水在系统的湿式洗涤器段 42 的内部 43 中向下流动并自垂直地向上流动的烟气吸收二氧化硫。二氧化硫被吸收进海水中将生成经至少部分地清洁的烟气和排出废海水。排出废海水被收集在气体清洁系统的湿式洗涤器段 42 的下部 41 中。排出废海水可经由流体连接的排出管 19 送至海洋或至任选的排出废海水处理系统。

[0052] 送至湿式洗涤器段 42 的烟气通常具有 90–180°C 的温度。在湿式洗涤器段 42 的内部 43 中与源自海洋 17 的较冷海水接触后,烟气将被部分冷却。该湿式洗涤器段中的部分冷却可通过控制供给管 14 中海水的供给温度以及通过运行中的喷雾装置的数量来控制。烟气可因此在湿式洗涤器段 42 中被冷却到 40–75°C 的温度。供给管中输送的海水可在任选的换热器 60 中部分地加热,这将在下文进一步描述。取决于供给的海水的量,湿式洗涤器段中液体与气体比率可在 5–20:1 范围内。

[0053] 所述经至少部分地清洁的烟气经由烟囱装置 46 离开湿式洗涤段 42,烟囱装置 46 适于送烟气至气体清洁系统 40 的第二气体清洁装置 45 如 DCC 段。烟气被向上传送通过烟囱装置 46,烟囱装置 46 连接至液体收集容器 51 如托盘。在烟囱装置 46 上方提供了顶盖装置 50。烟气在顶盖装置 50 下方离开烟囱装置 46 并通过顶盖装置 50 的各个盖之间进入 DCC 段 45 的下部。

[0054] 或者,可布置旁通导管(未示出)以自湿式洗涤器段 42(第一气体清洁装置)向 DCC 段(第二气体清洁装置)45 传送所述经部分地清洁的烟气。旁通导管可具有出口和入口,出口布置在将湿式洗涤器段 42 与 DCC 段 45 分开的托盘 51 下方,入口布置在托盘 51 上方以便烟气可进入 DCC 段 45 的内部中。

[0055] DCC 段 45 包含填料材料 49,其布置成提供经至少部分地清洁除去二氧化硫的烟气与冷却液之间良好的接触,所述冷却液借助管 47 中的泵 55 在 DCC 段 45 中循环。液体分配器 48 布置成在填料材料上分配冷却液。液体分配器 48(其可例如为可得自 Jaeger Products, Inc, Houston, USA 的 Jaeger LD3 型或 LD4 型或者可得自 Koch-Glitsch LP, Wichita, USA 的液体分配器)在填料材料 49 上均匀地分配液体而不引起小液滴的不当形成。

[0056] 填料材料 49 可为所谓的结构化填料类型,例如可得自 Sulzer Chemtech USA Inc, Tulsa, USA 的 Mellapak Plus 或可得自 Koch-Glitsch LP, Wichita, USA 的 Flexipak。或者,填料材料 49 可为所谓的无规填料类型,例如可得自 Jaeger Products, Inc, Houston, USA 的 Jaeger Tri-Pack 或可得自 Koch-Glitsch LP, Wichita, USA 的 IMTP。

[0057] 进入 DCC 段 45 的下部的烟气垂直向上地移动通过 DCC 45, 使得以逆流流动的方式与向下流动通过填料材料 49 的冷却液接触。DCC 段 45 的液体与气体比率可例如为 2-6:1, 例如 3:1。任选地, 可在 DCC 段的上部处布置除雾器, 大体如图 1 中所示。

[0058] 换热器 35 布置在管 47 中。换热器 35 布置成借助冷却介质冷却管 52 中输送的冷却液。该冷却介质, 例如水或源自冷却塔的含水二醇, 经由管 56 供给到换热器 35 并经由管 57 离开换热器 35。所述经至少部分地清洁的烟气的冷却在 DCC 段 45 中通过使所述经部分地清洁的烟气与例如清洁水形式的冷却液接触来实现。此冷却将促进水蒸气从 DCC 段 45 内的烟气中冷凝。因此, 离开 DCC 段 45 的烟气将具有比进入 DCC 段 45 的烟气低的水含量。DCC 段 45 中生成的冷凝水与陆续变为用过的冷却液一起在 DCC 段 45 中向下流动并被收集在托盘 51 上。烟囱装置 46 的顶盖 50 防止用过的冷却液和冷凝水进入烟囱装置 46。

[0059] 所述经部分地清洁的烟气在气体清洁系统 40 的 DCC 段 45 中大量冷凝, 如图 3 中所示。经由 DCC 段 45 的上部 58 离开气体清洁系统的贫水蒸气的烟气可具有比进入 DCC 段 45 的所述经部分地清洁的烟气低 10-55°C 的温度。这将在填料材料 49 中产生明显的温度梯度, 从而使得水蒸气从烟气显著冷凝。

[0060] 可布置溢流管 63, 例如作为托盘 51 的一部分并沿气体清洁系统 40 的边侧向下延伸, 以应付 DCC 段 45 中液体的溢流。溢流管在 DCC 段 45 中具有入口并在湿式洗涤器段 42 的下部 41 中具有出口, 布置成将主要包含自烟气冷凝的水的液体 (体积) 部分自 DCC 段 45 送至湿式洗涤器段 42。优选地, 主要包含 DCC 段 45 中生成的所有冷凝水的所有过剩液体均来自 DCC 段 45 送至湿式洗涤器段 42。

[0061] DCC 段 45 中生成的冷凝水可随后独立地于 DCC 段 45 中冷却液的任何再循环被送至湿式洗涤器段 42。在图 3 的实施方案中, 泵 55 将管 52 中的冷却液抽吸至正常液位 (体积水平), 同时溢流管应付超出正常液位 (体积水平) 的液体。这有助于保持 DCC 段 45 的水平衡。

[0062] 除冷却外, 冷却液与烟气在 DCC 段 45 的填料材料 49 中的直接接触还将导致二氧化硫的进一步除去。DCC 段 45 因此还生成经清洁的烟气, 其可被送至例如气体压缩。与现有技术的海水洗涤器相比, 这将进一步增大气体清洁系统的硫除去容量。

[0063] 变得溶解在 DCC 45 的冷却液中的二氧化硫将导致管 47 中循环的冷却液的 pH 值降低。可布置 pH 传感器 (未示出) 以感知 pH 值的此类降低并命令泵 (未示出) 自贮存器 (未示出) 向管 47 供给碱性物质。pH 控制可基本如关于图 2 所述那样进行。pH 值的设定点通常为 pH 4.5-7。已发现这样的设定点将提供高效的二氧化硫除去而无大的、不希望有的二氧化碳自烟气的除去。控制 DCC 段 45 中循环的冷却液的 pH 值也将控制二氧化硫的除去效率。因此, pH 设定点通常设定为使得所述经部分地清洁的烟气的剩余二氧化硫含量中的至少 70% 在 DCC 段 45 中被除去。合适的碱性物质的实例包括氢氧化钠 (NaOH)、氢氧化钾 (KOH)、碳酸钠 (Na_2CO_3) 和碳酸氢钠 (NaHCO_3)。通常, 最优的碱性物质为氢氧化钠 (NaOH)。

[0064] DCC 段 45 的填料材料 49 中发生的显著冷凝还提供三氧化硫 SO_3 的高效除去, 三氧化硫 SO_3 主要以气溶胶的形式存在于所述经部分地清洁的烟气中。据推测, 填料材料 49 中的水冷凝很大程度上冷凝在气溶胶颗粒上, 从而使得此类气溶胶颗粒生长为尺寸使得其被填料材料 49 中循环的循环冷却液捕集的滴。

[0065] 通过如上所述高效的冷凝和 SO_x 物质除去, DCC 段 45 中碳酸盐的形成可保持在最低限度。

[0066] 任选地, 在管 47 中布置另一换热器 60 以进一步冷却 DCC 段 45 中循环的冷却液。换热器 60 中采用的冷却介质为管 18 中输送的海水进料。海水进料经由管 61 进入换热器 60 并经由管 62 离开换热器。管 61 和 62 可流体连接至管 18 或至一个或多个供给管 14。为平衡管 47 中冷却液的流率, 可将管 61 连接在管 18 和供给管 14 的不同位置处。换热器 60 因此生成与换热器 60 上游的冷却液相比经冷却的冷却液以及与换热器 60 上游的海水进料相比经加热的海水进料。通过向气体清洁系统 40 加入该换热器 60, DCC 段 45 中将提供更高效率的冷却和因此水蒸气冷凝以及二氧化硫从烟气的除去。或者, 换热器 60 可代替换热器 35。

[0067] 本发明的气体清洁系统可有利地在大气压力下和高于大气压力的压力下采用, 例如在 5-40 巴、如 8-20 巴范围内采用。

[0068] 虽然结合若干优选实施方案描述了本发明, 但本领域技术人员应理解, 可作各种改变并且可以等价物取代其要素而不偏离本发明的范围。此外, 可作许多修改以使特定的情形或材料适应本发明的教导而不偏离其实质性范围。因此, 本发明非意在局限于被考虑用于实施本发明的最佳方式所公开的特定实施方案, 而是, 本发明将包括所有落在附随的权利要求的范围内的实施方案。此外, 术语第一、第二等的使用不代表任何顺序或重要性, 而是, 术语第一、第二等用来区分一个要素与另一要素。

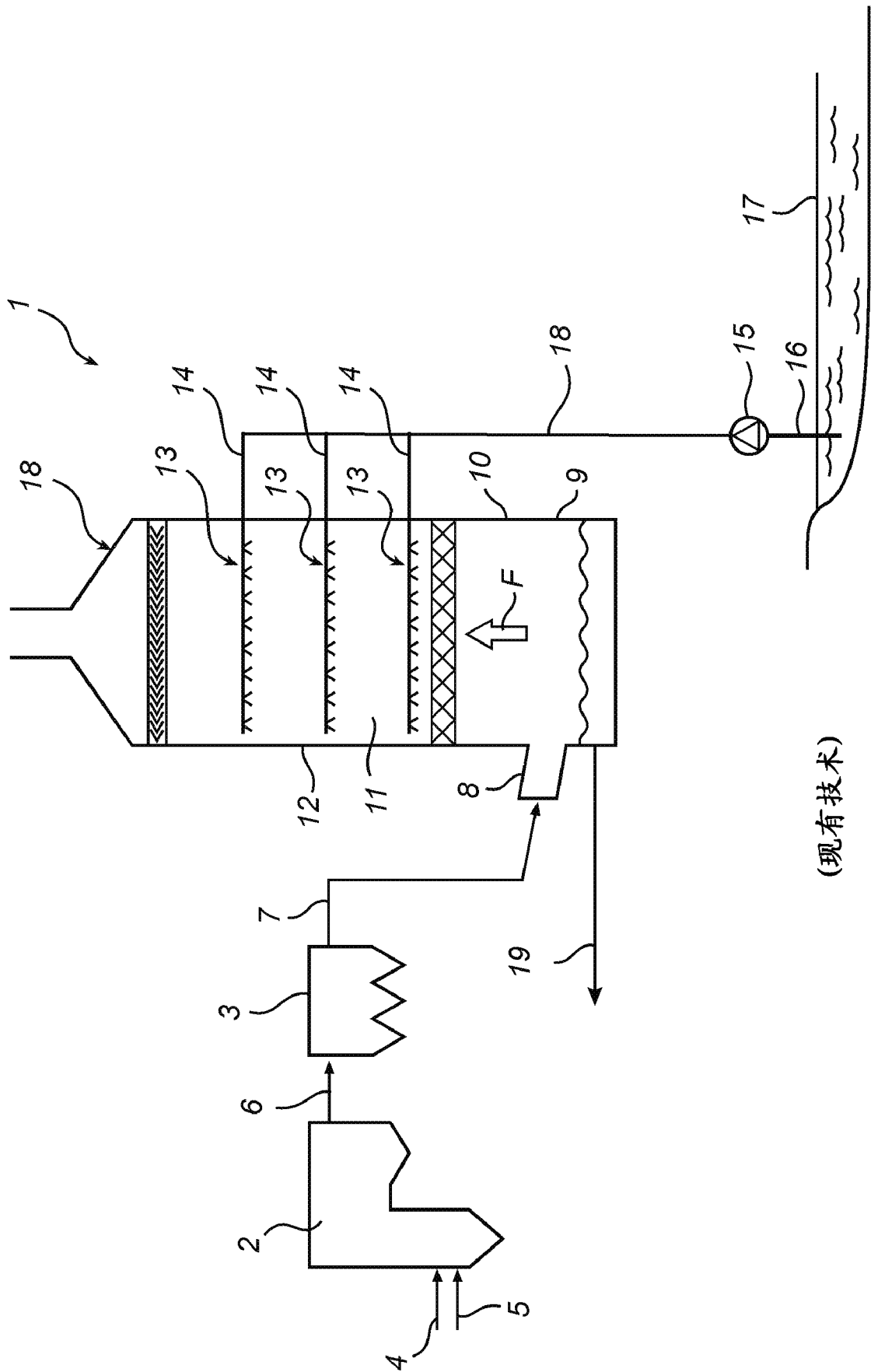
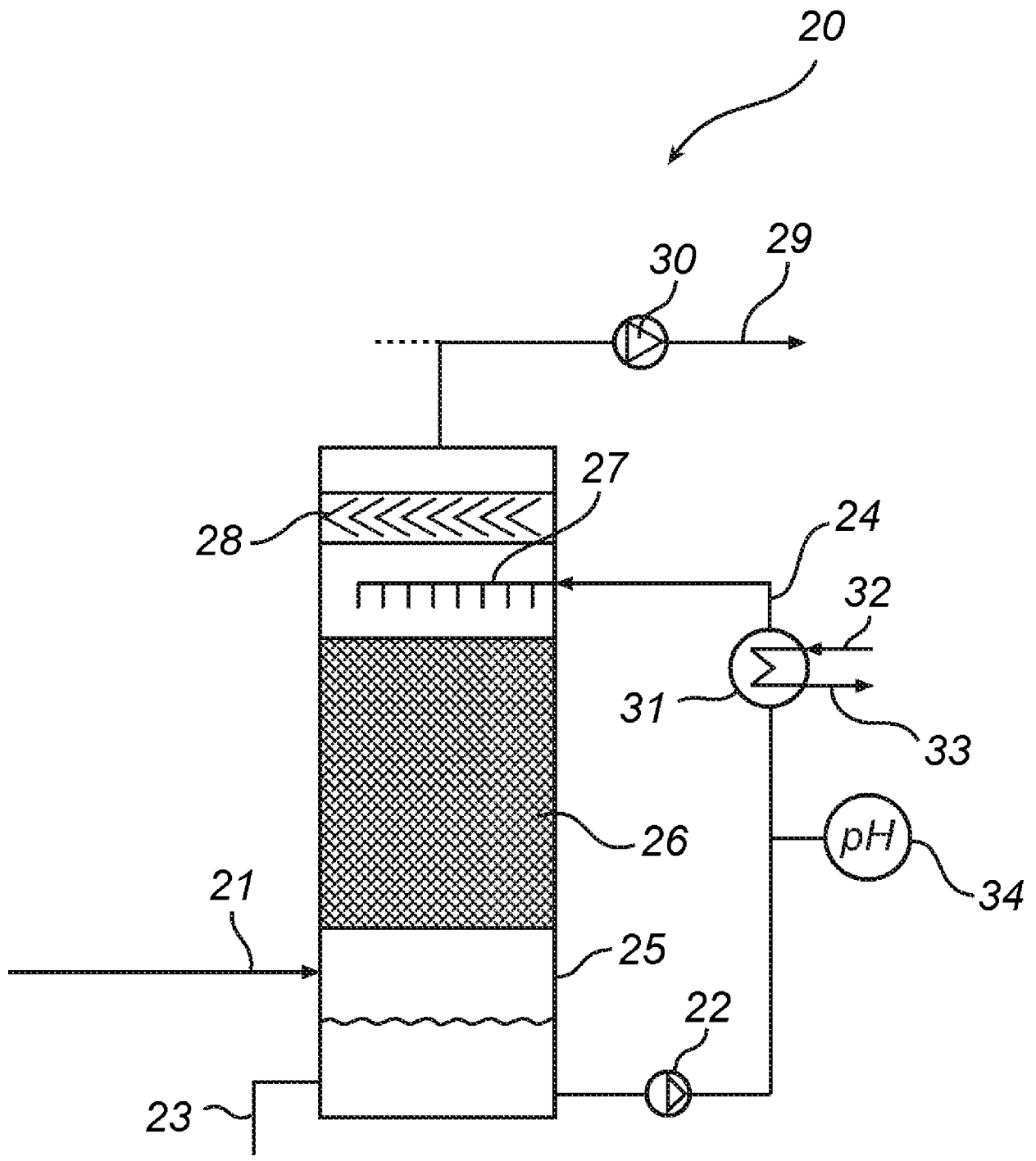


图 1



(现有技术)

图 2

