(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110036238 A
(43)申请公布日 2019.07.19

(21)申请号 201780041628.8

(22)申请日 2017.07.10

(30)优先权数据
15/205,243 2016.07.08 US
PCT/US2016/055958 2016.10.07 US
PCT/US2017/013459 2017.01.13 US
PCT/US2017/041078 2017.07.07 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2019.01.03

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/041332 2017.07.10

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2018/009926 EN 2018.01.11

(71)申请人 傲华容客有限责任公司
地址 美国纽约州

(72)发明人 K·奥博伊尔 G·D·马蒂森 D·G·布雷金里奇 S·E·J·科灵斯珀

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100
代理人 徐鑫

(51)Int.Cl.
F22B 37/00(2006.01)
B01D 53/50(2006.01)
F23J 15/00(2006.01)
F22B 37/02(2006.01)

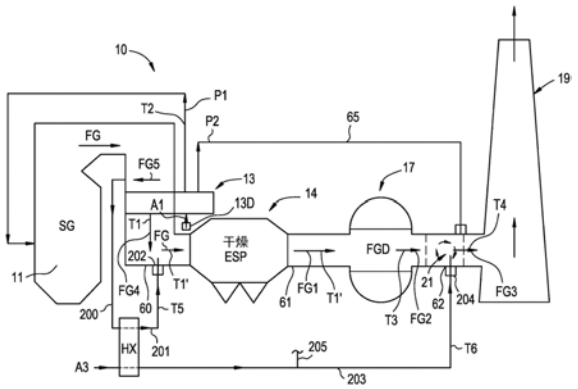
权利要求书2页 说明书26页 附图15页

(54)发明名称

用于改善锅炉有效度的方法和系统

(57)摘要

改善蒸气发生器系统的有效度的方法包括：提供包含蒸气发生器容器、空气供应系统和空气预热器的蒸气发生器系统。空气供应系统通过空气预热器与蒸汽发生器容器连通，以及蒸汽发生器容器与空气预热器连通。空气供应系统向空气预热器提供第一量的空气。至少一部分的所述第一量的空气提供到蒸气发生器容器。从蒸气发生器容器排出烟气混合物。至少一部分的烟气混合物流入空气预热器中。在烟气混合物进入空气预热器之前，减少了烟气混合物中的SO_3。



CN 110036238 A

1.一种改进蒸汽发生器系统的有效度的方法,所述方法包括:

提供蒸气发生器系统,所述蒸气发生器系统包括蒸气发生器容器、空气供应系统和空气预热器,所述空气供应系统经由所述空气预热器与所述蒸气发生器容器连通,以及所述蒸汽发生器容器与所述空气预热器连通;

所述空气供应系统向所述空气预热器提供第一量的空气;

将至少一部分的所述第一量的空气提供到蒸气发生器容器作为燃烧空气;

从所述蒸汽发生器容器排出烟气混合物;

使得至少一部分的所述烟气混合物流入所述空气预热器中;以及

在所述烟气混合物进入所述空气预热器之前,减少所述烟气混合物中的SO_3。

2.如权利要求1所述的方法,其还包括:

提供热俘获装置,所述热俘获装置与蒸气发生器、空气预热器和烟气混合物中的至少一种连通;以及

从蒸气发生器、空气预热器和烟气混合物中的至少一种传输走第一热量。

3.如前述权利要求中任一项所述的方法,其还包括:

提供微粒去除系统和烟气脱硫系统,所述微粒去除系统位于所述空气预热器的下游,以及所述烟气脱硫系统位于所述微粒去除系统的下游;

将离开蒸汽发生器容器的全部或部分烟气混合物从空气预热器直接排放到微粒去除系统,从而从烟气混合物去除微粒以及产生第一处理过的烟气混合物;以及

将第一处理过的烟气混合物从微粒去除系统直接排放进入烟气脱硫系统,从而在烟气脱硫系统中产生第二处理过的烟气混合物,并从烟气脱硫系统排出。

4.如前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述第一热量的大小是用于对燃烧空气进行预加热的约10-25%。

5.如前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述第一量的空气的大小超过作为燃烧空气所需的情况。

6.如前述权利要求中任一项所述的方法,其还包括:

提供烟气排放烟囱,所述蒸汽发生器容器与排放烟囱经由空气预热器、微粒去除系统和烟气脱硫系统中的至少一种连通;以及

采用至少一部分的所述第一热量来增加烟囱的出口的上游的烟气混合物的温度,增加到的大小足以减轻离开排放烟囱的可见羽流或者减轻排放烟囱中的腐蚀。

7.如前述权利要求中任一项所述的方法,其还包括以下至少一种:

在锅炉启动期间,采用至少一部分的所述第一热量,来选择性地对微粒去除系统、烟气脱硫系统、和中间管道中的至少一种进行预热;

在锅炉运行期间,采用至少一部分的所述第一热量,用于煤干燥设备和后续排出到大气;

将至少一部分的所述第一热量释放到大气;

采用至少一部分的所述第一热量来改善蒸汽发生器系统的加热速率;

采用至少一部分的所述第一热量,使得从湿式灰去除系统排放的灰浆料中的水蒸发,所述湿式灰去除系统与微粒去除系统和蒸气发生器容器中的至少一种连通;以及

在废水系统中,采用至少一部分的所述第一热量,以减少来自其的水排放。

8.如权利要求7所述的方法,其特征在于,改善加热速率包括以下至少一种:

采用至少一部分的所述第一热量来改善蒸汽循环速率;

采用至少一部分的所述第一热量来对供给到蒸气发生器系统的进料水或冷凝物进行预热;以及

采用至少一部分的所述第一热量来降低蒸汽发生器系统中的寄生负载。

9.如权利要求3和7中任一项所述的方法,其还包括:

将一部分的烟气混合物和一部分的第一量的空气中的至少一种供给到废水系统,以蒸发其中的废水;

在废水系统中产生微粒废物;以及

将微粒废物传输到微粒去除系统。

10.如前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,减少烟气混合物中的SO_3包括以下至少一种:

化学补偿;和

向蒸气发生器系统供给低硫燃料。

11.如前述权利要求中任一项所述的方法,其还包括将空气预热器构造成将所述第一量的空气加热到约288℃至399℃(550°F至750°F)。

12.如前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,空气供应系统向空气预热器提供所述第一量的空气,所提供的质量流量足以建立离开空气预热器的烟气混合物的第一温度,所述第一温度使得空气预热器的冷端出口温度定义为空气预热器运行,具有至少1%的热回收(HR)增加,所述HR根据如下等式计算:

HR=100%x((Tgi-TgoAdvX)/(Tgi-TgoSTD)-1)。

13.如权利要求12所述的方法,其特征在于,空气预热器的冷端金属温度不小于空气预热器中的水露点温度,以及使得冷端金属温度小于硫酸露点温度,以及第一温度是约105℃(220°F)至约125℃(257°F)。

14.一种对蒸汽发生器系统进行改进的方法,所述蒸汽发生器系统构造成根据任意前述权利要求运行。

15.如权利要求14所述的对蒸汽发生器系统进行改进的方法,其特征在于,将第一处理过的烟气混合物从微粒去除系统直接排放进入烟气脱硫系统包括使用如下一种或多种热交换器:存在于蒸气发生器系统中,位于微粒去除系统与烟气脱硫系统之间,在改进之前。

16.一种蒸气发生器系统,其构造成根据权利要求1-15中任一项运行。

用于改善锅炉有效度的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明总体涉及用于改善化石燃料燃烧的蒸汽发生器的有效度和微粒去除的有效性的方法和系统，且尤其涉及用于通过减少堵灰来改善空气预热器的有效度并通过如下方式来改善化石燃料燃烧的蒸汽发生器的热效率以及静电除尘器的效率的方法和系统，即通过使用空气预热器上游的SO_3减少以及通过促进烟囱气体再加热和/或其它方法来改善包含蒸汽发生器的热电站的加热速率。

背景技术

[0002] 热电站通常包括化石燃料燃烧的蒸汽发生器系统，其中，燃料(例如，煤、天然气和/或油)燃烧以产生蒸汽，从而驱动涡轮式发电机向电网提供电力。热电站的总体效率是提供到电网的可用电能相比于产生此类输出的能量输入的测量。能量输入不仅包括蒸气发生器容器中的一级燃料燃烧所释放的那些，还包括：二级能源，例如运行辅助设备(包括风扇、泵和马达)所需的那些，污染控制设备，内部热传导损失，并且通常需要有效的烟囱再加热确保合适的大气烟气分散。

[0003] 有许多类型的蒸汽发生器系统，其用于蒸汽的生成，以用于发电厂和化学加工厂中。一些蒸汽发生系统在蒸汽发生器容器中燃烧化石燃料，诸如煤、天然气和油。蒸汽发生器容器需要空气供应，从而为燃料的燃烧提供氧气。燃料的燃烧产生从蒸汽发生器容器排放的烟气流中的高温燃烧副产品。为了改善蒸汽发生器系统的热效率，到蒸汽发生器容器的空气供应通过从诸如回转式空气预热器(APH)之类的空气预热器(APH)中的烟气流回收热量来进行加热。

[0004] APH的效率可以通过使用较高效率传热元件和带有较大传热面积的传热元件来提高。然而，如本文所述，由于与污染物控制相关的运行限制，相关领域的技术人员未能通过使用较高效率传热元件和传热元件的较大传热面积而实现可增加的APH效率的全部潜能。

[0005] 烟气流中的副产品可以包括微粒物质和污染物。例如，煤的燃烧导致燃烧副产品，诸如飞灰形式的微粒物质和诸如氮氧化物(NOx)、二氧化硫SO_2和三氧化硫SO_3(通常统称为SO_x)的污染物。作为包含诸如高硫煤等燃料的硫的燃烧的结果，形成SO_2。例如当烟气中的氧含量过高或当烟气温度过高(例如，大于800℃)时，SO_3通过SO_2的氧化作用形成。SO_3可以形成被称为难以去除的硫酸(H_2SO_4)薄雾的液体气溶胶。

[0006] 环境法律法规限制微粒物质和污染物排放到环境中的排放量。因此，各种处理系统已用于控制微粒物质和污染物的排放。例如，选择性催化还原(SCR)是用于在催化剂的帮助下将也称为NO_X的氮氧化物转换为双原子氮(N_2)和水(H_2O)的处理装置。微粒控制系统，诸如袋滤室、湿式静电除尘器(ESP)和干式ESP可以用于去除烟气流中的微粒物质。干式ESP比湿式ESP更有效且更容易维护，但干式ESP需要比湿式ESP更干燥的烟气流。产生干燥的烟气流可以是困难的，因为随着在APH的冷端处烟气温度降低到SO_3的露点以下，会发生冷凝，从而引起SO_3形成H_2SO_4和相对潮湿的烟气。此外，如果烟气包含H_2SO_4薄雾，则通常采用较低效率的湿式ESP去除H_2SO_4。此外，当烟气的温度高(例如，130℃或更高)时，ESP趋于经历灰尘结

垢(例如,飞灰在ESP收集器板和去除槽上的不期望的积聚)。

[0007] 用于控制微粒物质和污染物的另一系统是烟气脱硫(FGD)系统。FGD系统主要通过例如SO_2吸收塔的使用来去除任何SO_2。湿SO_2吸收塔通常将混合有吸附剂的水喷射到流经SO_2吸收塔的烟气流上,以吸收来自烟气的SO_2。离开SO_2吸收塔的烟气为包含一定SO_2的水的饱和烟气。FGD系统的一个运行限制是:离开SO_2吸收塔的烟气可以对诸如风机、管道和烟囱等任何下游设备具有高度腐蚀性。FGD系统的另一运行限制是:SO_2吸收塔需要大量的水供应和吸附剂再生设备。

[0008] 与APH相关的一个运行限制是:采用带有增加的传热效率和面积的传热元件可以引起烟气温度降低至SO_3的露点以下,在所述温度下,在APH的冷端会发生冷凝。SO_3可以与水起反应以形成冷凝在APH传热元件上的硫酸H_2SO_4。微粒物质可以附着到冷凝的H_2SO_4,从而引起APH的堵灰。基于该运行限制,相关领域的技术人员对将设备温度和/或离开APH的烟气温度降至SO_3的露点以下且对进一步采用具有增加的效率的传热元件和传热面积的APH已经失去信心。不能完全实现增加APH的效率的全部潜能因此限制增加蒸汽发生器容器的热效率以增加到其全部潜能的能力。

[0009] 共同拥有的PCT专利申请PCT/US2017/13459提供了对于现有技术蒸气发生器系统的具体讨论,其主题全文结合入本文。

[0010] 基于前文所述,需要带有改善的热效率的蒸汽发生器系统以及微粒物质和污染处理系统。

发明内容

[0011] 本文公开了用于改善蒸汽发生器系统的有效度的方法。该方法包括提供具有蒸汽发生器容器、空气供应系统、和空气预热器的蒸汽发生器系统。空气供应系统通过空气预热器与蒸汽发生器容器连通,以及蒸汽发生器容器与空气预热器连通。空气供应系统向空气预热器提供第一量的空气,以及部分或全部的第一量的空气提供到蒸气发生器容器作为燃烧空气。该方法包括从蒸气发生器容器排放烟气混合物,以及使得至少一部分的烟气混合物流入空气预热器中。该方法包括在烟气混合物进入空气预热器之前,减少烟气混合物中的SO_3。

[0012] 在一个实施方式中,热俘获装置(例如,热交换器,空气预热器中的热传递元件,其具有的热传递能力超过预加热燃烧空气和/或使得烟气冷却到水(H_2O)露点、管道布置、混合器、管、罐等处或者它们附近的温度)与蒸汽发生器、空气预热器、第一量的空气和/或烟气混合物连通。在一个实施方式中,该方法包括将第一热量传输离开蒸汽发生器、空气预热器、第一量的空气和/或烟气混合物。

[0013] 在一个实施方式中,该方法包括提供微粒去除系统和烟气脱硫系统。微粒去除系统位于空气预热器的下游,以及烟气脱硫系统位于微粒去除系统的下游。在一个实施方式中,该方法包括将离开蒸汽发生器容器的全部或部分烟气混合物从空气预热器直接排放到微粒去除系统,从而从烟气混合物去除微粒以及产生第一处理过的烟气混合物。在一个实施方式中,该方法包括将第一处理过的烟气混合物从微粒去除系统排放到烟气脱硫系统中,从而在烟气脱硫系统中产生第二处理过的烟气混合物并从其排放。

[0014] 在一个实施方式中,第一热量的大小是用于对燃烧空气进行预加热的约10-25%。

在一个实施方式中，第一量的空气的大小超过作为燃烧空气所需的情况。

[0015] 在一个实施方式中，在蒸汽发生器系统中提供了烟气排放烟囱。蒸气发生器容器经由空气预热器、微粒去除系统和/或烟气脱硫系统与排放烟囱连通。在一个实施方式中，该方法包括采用至少一部分的所述第一热量来增加烟囱的出口的上游的烟气混合物的温度，增加到的大小足以减轻离开排放烟囱的可见羽流或者减轻排放烟囱中的腐蚀。

[0016] 在一个实施方式中，该方法包括以下一种或多种：(1)在锅炉启动期间，采用至少一部分的所述第一热量，来选择性地对微粒去除系统、烟气脱硫系统、和中间管道中的至少一种进行预热；(2)在锅炉运行期间，采用至少一部分的所述第一热量，用于煤干燥设备和后续排出到大气；(3)将至少一部分的所述第一热量释放到大气；(4)采用至少一部分的所述第一热量，来改善蒸汽发生器系统的加热速率；(5)采用至少一部分的所述第一热量，使得从湿式灰去除系统排放的灰浆料中的水蒸发，所述湿式灰去除系统与微粒去除系统和蒸气发生器容器中的至少一种连通；以及(6)在废水系统中，采用至少一部分的所述第一热量，以减少来自其的水排放。

[0017] 在一个实施方式中，改善加热速率包括以下一种或多种：(1)采用至少一部分的所述第一热量，来改善蒸汽循环效率；(2)采用至少一部分的所述第一热量，来对供给到蒸汽发生器系统的进料水或冷凝物进行预热；以及(3)采用至少一部分的所述第一热量，来降低蒸气发生器系统中的寄生负载(例如，空间和饮用水加热以及除了用于产生电力的蒸汽之外，用于驱动转动设备(例如，代替电力驱动马达的风扇)的涡流的蒸汽以及其他蒸汽或热负载)。

[0018] 在一个实施方式中，该方法包括将一部分的烟气混合物和一部分的所述第一量的空气中的至少一种供给到废水系统，以蒸发其中的废水，在废水系统中产生微粒废物，以及将微粒废物传输到微粒去除系统。

[0019] 在一个实施方式中，减少烟气混合物中的SO_3包括化学补偿和/或向蒸汽发生器系统提供低硫燃料。

[0020] 在一个实施方式中，空气预热器构造成将所述第一量的空气加热到约288℃至399℃(550°F至750°F)。

[0021] 在一个实施方式中，空气供应系统向空气预热器提供所述第一量的空气，所提供的质量流量足以建立离开空气预热器的烟气混合物的第一温度，所述第一温度使得空气预热器的冷端出口温度定义为改进的空气预热器运行，具有至少1％的热回收(HR)增加，所述HR根据如下等式计算：

[0022] HR＝100％x((Tgi-TgoAdvX)/(Tgi-TgoSTD)-1)。

[0023] 在一个实施方式中，空气预热器的冷端金属温度不小于(例如，不明显小于、近似等于或者不明显大于)空气预热器中的水露点温度，以及使得冷端金属温度小于硫酸露点温度，以及第一温度是约105℃(220°F)至约125℃(257°F)。如本文所用，术语“不小于水露点温度”意味着这样一种温度，其近似等于水露点温度，使得空气预热器中的热传递元件没有导致结垢腐蚀的永久性润湿。

[0024] 在一个实施方式中，空气预热器的冷端金属温度是空气预热器中的水露点温度的0.5摄氏度之内。在一个实施方式中，空气预热器的冷端金属温度是空气预热器中的水露点温度的1摄氏度之内。在一个实施方式中，空气预热器的冷端金属温度是空气预热器中的水

露点温度的2摄氏度之内。在一个实施方式中，空气预热器的冷端金属温度是空气预热器中的水露点温度的3摄氏度之内。在一个实施方式中，空气预热器的冷端金属温度是空气预热器中的水露点温度的4摄氏度之内。在一个实施方式中，空气预热器的冷端金属温度是空气预热器中的水露点温度的5摄氏度之内。

[0025] 本文还揭示了对蒸气发生器系统进行改进的方法，以构造成根据方法运行。在改进实施方式中，将第一处理过的烟气混合物从微粒去除系统直接排放进入烟气脱硫系统包括使用如下一种或多种热交换器：存在于蒸气发生器系统中，位于微粒去除系统与烟气脱硫系统之间，在改进之前。

[0026] 本文还揭示了构造成根据前述方法运行的蒸汽发生器系统。

[0027] 本文揭示了改进蒸汽发生器系统的有效度的方法。该方法包括提供具有蒸汽发生器容器、空气供应系统、改善的空气预热器(例如，AdvXTM空气预热器(之前给出的开发名称为AXRMTM))、微粒去除系统(例如，干式静电除尘器和/或织物过滤器)、烟气脱硫系统，和烟气排放烟囱的蒸汽发生器系统。空气供应系统通过空气预热器与蒸汽发生器容器连通。蒸汽发生器容器通过空气预热器、微粒去除系统和烟气脱硫系统与排放烟囱连通。微粒去除系统位于空气预热器下游。烟气脱硫系统位于微粒去除系统下游，且排放烟囱位于烟气脱硫系统下游。该方法包括使空气供应系统以足以确立离开空气预热器的烟气混合物的第一温度的质量流量向空气预热器提供第一量的空气。第一温度具有量值使得空气预热器具有冷端出口温度，该冷端出口温度通过以如根据方程式计算的至少1％的增加的热回收(HR)操作的改善的空气预热器来限定：

[0028] HR＝100％×((Tgi-TgoAdvX)/(Tgi-TgoSTD)-1)，其中

[0029] Tgi＝烟气入口温度，即，进入空气预热器的烟气混合物的烟气入口温度；

[0030] TgoAdvX＝烟气出口温度，即，离开改善的空气预热器的烟气混合物的烟气出口温度；

[0031] TgoSTD＝烟气出口温度，即离开标准空气预热器的烟气混合物的烟气出口温度。

[0032] 该方法包括减轻在蒸汽发生器容器中生成的烟气混合物中的SO_3。SO_3的减轻发生在烟气混合物进入空气预热器之前。该方法包括配置空气预热器以将第一量的空气加热到约288℃至399℃(550°F至750°F)的第二温度。该方法还包括供应作为燃烧空气的第一量的空气的第一部分或者第一量的空气的全部到蒸汽发生器容器以用于燃料的燃烧。烟气混合物在第一温度下从空气预热器直接排到微粒去除系统，从而去除烟气混合物中的微粒并产生第一经处理的烟气混合物。该方法还包括将离开蒸汽发生器容器的第一经处理的烟气混合物的全部或者其一部分从微粒去除系统直接排到烟气脱硫系统中，从而在烟气脱硫系统中产生例如但不限于52℃至约60℃(125°F至140°F)的第三温度下的第二经处理的烟气混合物并且从烟气脱硫系统排出第二经处理的烟气混合物。第三温度具有这样的量值，其足以促进作为烟气再加热空气的空气的第二部分的注入，以直接(例如，经由混合)或间接(例如，使用热交换器)加热在第三温度下的第二经处理的烟气混合物，从而在进入排放烟囱之前在第四温度(例如，至少约68℃(155°F))下产生第三经处理的烟气混合物。第三温度具有这样的量值，该量值足以允许烟气再加热空气使第四温度升到足以减轻离开排放烟囱的可见烟羽并减轻排放烟囱中的腐蚀的量值。最后，该方法包括在第四温度下准许第三经处理的烟气混合物进入排放烟囱。

[0033] 在一个实施例中，第一量的空气具有超过在蒸汽发生器容器中燃料燃烧所需的量值，并且空气的第二部分是在第二温度下从空气预热器进给的第一量的空气的第二部分。而在另一实施例中，烟气混合物在空气预热器的上游被分成两股流，其中，第一流是供给到空气预热器并接着从空气预热器排出的烟气混合物的所述部分，而第二流则经由预热器上游的管道流动。在该另一实施例中，第二流随后被馈送通过热交换器，并注入以在空气预热器的下游与第一流再结合。通常，第二流随后被馈送通过热交换器，且空气的第二部分在作为烟气再加热空气进行注入之前由热交换器中的烟气的第二流来加热。

[0034] 在一个实施例中，空气预热器具有不小于空气预热器中的水露点温度的冷端金属温度且使得冷端金属温度小于硫酸露点温度，且第一温度从约105℃(220°F)至约125℃(257°F)。

[0035] 在一个实施例中，在锅炉起动期间，第一量的空气的第三部分作为预热空气被提供，以选择性地预加热以下中的一个或多个：微粒去除系统、烟气脱硫系统和/或中间管道，或者在用于煤干燥设备的锅炉运行过程中，且随后排到大气。在另一实施例中，烟气混合物的第二流随后被馈送通过热交换器，以加热提供空气的第二部分来作为烟气再加热空气的空气流。此外，在该另一实施例中，在锅炉起动期间，该空气流提供空气的第三部分作为预热空气，以选择性地预加热以下中的至少一个：微粒去除系统、烟气脱硫系统和/或中间管道，或者在用于煤干燥设备的锅炉操作过程中，且随后排到大气。

[0036] 在一个实施例中，蒸汽发生器系统还包括选择性催化还原系统，且蒸汽发生器容器通过选择性催化还原系统与空气预热器连通。

[0037] 在一个实施例中，蒸汽发生器系统还包括烟气再加热空气和/或预热空气微粒去除系统中的一个或多个，且空气预热器通过烟气再加热空气和/或预热空气微粒去除系统与排放烟囱连通。烟气再加热空气和/或预热空气微粒去除系统从空气的第二部分中去除微粒污染物，所述微粒污染物由于空气预热器内的泄漏(例如，由于使用了低效率或者损坏的区段密封)从烟气混合物引入到空气的第二部分。

[0038] 在一个实施例中，蒸汽发生器系统还包括设置在蒸汽发生器容器和空气预热器之间的湿度传感器，且该方法包括利用湿度传感器测量烟气混合物的湿度以确定第一温度的量值。

[0039] 在一个实施例中，蒸汽发生器系统还包括红外线传感器，且该方法包括利用红外线传感器确定空气预热器中的冷端金属温度；比较冷端金属温度和水露点温度；且控制冷端金属温度不小于水露点温度。

[0040] 在一个实施例中，减轻烟气混合物中的SO_3包括将低硫燃料供给到蒸汽发生器容器，其中，低硫燃料产生小于百万份中5份(百万分之5)的SO_3。

[0041] 在一个实施例中，减轻烟气混合物中的SO_3包括在准许烟气混合物进入空气预热器之前去除烟气混合物中的SO_3。

[0042] 在一个实施例中，减轻烟气混合物中的SO_3包括在准许烟气混合物进入空气预热器之前使烟气混合物中的SO_3化学呈现为惰性盐。例如，化学呈现可包括喷射试剂的水性悬液，该试剂要么包含钠、镁、钾、铵和/或硫代硫酸钙且包含诸如硫代硫酸盐和氯化物种类中的一种或多种的可溶盐化合物、要么包含碳酸钠、碳酸氢钠、氢氧化钠、氢氧化铵、氢氧化钾、碳酸钾和碳酸氢钾中的至少一种，以产生包含可以与烟气中的SO_3起反应的至少一种可

溶盐化合物的干燥颗粒的微粒薄雾。

[0043] 在一个实施例中，该方法还包括在烟气脱硫系统和排放烟囱之间提供注入设备(例如，管道歧管)，且其中在第二温度下空气的第二部分与处于第三温度下第二经处理的烟气混合物的注入发生在喷射设备中。

[0044] 在一个实施例中，注入设备包括定位在烟气脱硫系统和排放烟囱之间的管道歧管。管道歧管具有用于接收第二经处理的烟气混合物的入口、用于接收空气的第二部分的分支连接以及与排放烟囱连通的出口。在一个实施例中，注入设备包混合器、转动叶片和/或湍流器设备。

[0045] 在一个实施例中，在没有热交换器设置在空气预热器和微粒去除系统之间的情况下实现将处于第一温度下的烟气混合物从空气预热器直接排放到微粒去除系统。

[0046] 在一个实施例中，在没有热交换器设置在微粒去除系统和烟气脱硫系统之间的情况下实现第一经处理的烟气混合物从微粒去除系统直接到烟气脱硫系统中的排放。

[0047] 在一个实施例中，空气预热器和烟气脱硫系统之间没有设置热交换器。

[0048] 在一个实施例中，烟气脱硫系统和排放烟囱之间没有设置风机。

[0049] 在一个实施例中，以第一量的空气的第二部分与第二经处理的烟气混合物的1％至16％的质量比进行第一量的空气的第二部分的注入。在一个实施例中，以第一量的空气的第二部分与第二经处理的烟气混合物的9％至16％的质量比进行第一量的空气的第二部分的注入。

[0050] 本文公开了用于改善蒸汽发生器系统的有效度的方法。该方法包括提供包括蒸汽发生器容器、空气供应系统、改善的空气预热器、微粒去除系统和烟气排放烟囱的蒸汽发生器系统。空气供应系统通过空气预热器与蒸汽发生器容器连通，且蒸汽发生器容器通过空气预热器和微粒去除系统与排放烟囱连通。微粒去除系统位于空气预热器下游，且排放烟囱位于微粒去除系统下游。空气供应系统以足以确立离开空气预热器的烟气混合物的第一温度的质量流量向空气预热器提供第一量的空气。第一温度为这样的：使得空气预热器具有通过以如根据方程式计算的至少1％的增加的热回收(HR)操作的改善的空气预热器限定的冷端出口温度：

[0051] HR＝100％×((Tgi-TgoAdvX)/(Tgi-TgoSTD)-1)，其中

[0052] Tgi＝烟气入口温度，即，进入空气预热器的烟气混合物的烟气入口温度；

[0053] TgoAdvX＝烟气出口温度，即，离开改善的空气预热器的烟气混合物的烟气出口温度；

[0054] TgoSTD＝烟气出口温度，即离开标准空气预热器的烟气混合物的烟气出口温度。

[0055] 该方法包括减轻在蒸汽发生器容器中生成的烟气混合物中的SO_3，其中SO_3的减轻发生在烟气混合物进入空气预热器之前。空气预热器被配置成将第一量的空气加热到约288℃至399℃(550°F至750°F)的第二温度。作为燃烧空气将第一量的空气的第一部分或者全部供应到蒸汽发生器容器，以用于燃料的燃烧。烟气混合物或者其至少一部分在第一温度下从空气预热器直接排到微粒去除系统，从而去除烟气混合物中的微粒并产生第一经处理的烟气混合物。第一经处理的烟气混合物从微粒去除系统直接排到烟气脱硫系统中，从而在烟气脱硫系统中产生处于第三温度下的第二经处理的烟气混合物并且从烟气脱硫系统排出第二经处理的烟气混合物。第三温度具有这样的量值，其足以促进作为预热空气的

空气的第二部分的注入，从而提供热量到煤干燥设备中和/或预加热蒸汽发生器容器。

[0056] 在一个实施例中，空气预热器具有不小于空气预热器中的水露点温度的冷端金属温度且使得冷端金属温度小于硫酸露点温度，且第一温度从约105℃(220°F)至约125℃(257°F)。

[0057] 本文公开了用于改善蒸汽发生器系统的有效度的系统。该系统包括：蒸汽发生器容器；空气预热器，其与蒸汽发生器容器连通；空气供应系统，其被配置成通过空气预热器向蒸汽发生器容器提供空气；微粒去除系统(例如，干式静电除尘器和/或织物过滤器)；烟气脱硫系统；以及排放烟囱。蒸汽发生器容器通过空气预热器、微粒去除系统和烟气脱硫系统与排放烟囱连通。微粒去除系统直接位于空气预热器下游。烟气脱硫系统直接位于微粒去除系统下游。排放烟囱直接位于烟气脱硫系统下游。空气供应系统被配置成足以确立离开空气预热器的烟气混合物的第一温度的质量流量向空气预热器提供第一量的空气。第一温度具有量值使得空气预热器具有不小于空气预热器中的水露点温度的冷端金属温度且使得冷端金属温度小于硫酸露点温度。第一温度是从约105℃(220°F)至约125℃(257°F)。该系统包括空气预热器上游的SO_3减轻，所述SO_3减轻被配置成减轻在蒸汽发生器容器中生成的烟气混合物中的SO_3。空气预热器被配置成将第一量的空气加热到约288℃至399℃(550°F至750°F)的第二温度。微粒去除系统被配置成将例如但不限于52℃至约60℃(125°F至140°F)的第三温度下的烟气混合物直接输送到烟气脱硫系统。过量空气管道与空气预热器连通。第二管道定位在烟气脱硫系统和排放烟囱之间。过量空气管道被配置成将(作为在第二温度下从空气预热器进给的烟气再加热空气的)第一量的空气的第二部分从空气预热器输送到第二管道。该系统包括位于烟气脱硫系统和排放烟囱之间的注入设备(例如，管道歧管)。注入设备被配置成在第四温度(例如，至少约68℃(155°F))下将烟气排到排放烟囱中。第三温度具有如下量值，该量值足以允许烟气再加热空气使第四温度升到足以减少离开排放烟囱的可见烟羽并减缓排放烟囱中的腐蚀的量值。

[0058] 在一个实施例中，蒸汽发生器系统还包括选择性催化还原系统，且蒸汽发生器容器通过选择性催化还原系统与空气预热器连通。

[0059] 在一个实施例中，蒸汽发生器系统还包括烟气再加热空气微粒去除系统，且空气预热器通过烟气再加热空气微粒去除系统与排放烟囱有效地连通，以去除空气的第二部分中的微粒污染物，所述微粒污染物从空气预热器内来自烟气混合物的泄漏引入。

[0060] 在一个实施例中，蒸汽发生器系统还包括设置在蒸汽发生器容器和空气预热器之间的连通中的湿度传感器以测量烟气混合物的湿度，所述湿度传感器用于确定第一温度的量值。

[0061] 在一个实施例中，蒸汽发生器系统还包括确定空气预热器温度的红外线传感器以及被配置成控制冷端金属温度高于空气预热器中的水露点的控制单元。

[0062] 在一个实施例中，SO_3减轻包括供应低硫燃料到蒸汽发生器容器。低硫燃料生成不到百万分之五的SO_3。

[0063] 在一个实施例中，SO_3减轻包括在准许烟气混合物进入空气预热器之前去除烟气混合物中的SO3。

[0064] 在一个实施例中，SO_3减轻包括在准许烟气混合物进入空气预热器之前使烟气混合物中的SO_3化学呈现为惰性盐。例如，化学呈现可包括喷射试剂的水性悬液，该试剂要么

包含钠、镁、钾、铵和/或硫代硫酸钙且包含诸如硫代硫酸盐和氯化物种类的一种或多种可溶盐化合物、要么包含碳酸钠、碳酸氢钠、氢氧化钠、氢氧化铵、氢氧化钾、碳酸钾和碳酸氢钾中的至少一种，以产生包含可以与烟气中的SO_3起反应的至少一种可溶盐化合物的干燥颗粒的微粒薄雾。

[0065] 在一个实施例中，该系统没有配置有设置在烟气脱硫系统和排放烟囱之间的风机。

[0066] 在一个实施例中，该系统没有配置有设置在空气预热器和烟气脱硫系统之间的热交换器。

[0067] 在一个实施例中，该系统没有配置有设置在烟气再加热空气微粒去除系统和排放烟囱之间的风机。

[0068] 本文进一步公开了用于改造蒸汽发生器系统以用于改善的有效度的方法。该方法包括去除定位在空气预热器下游的一个或多个热交换器，且将空气供应源再配置到空气预热器，以足以确立离开空气预热器的烟气混合物的第一温度的质量流量供应第一量的空气。第一温度具有量值使得空气预热器具有不小于空气预热器中的水露点温度的冷端金属温度且使得冷端金属温度小于硫酸露点温度。第一温度是从约105℃(220°F)至约125℃(257°F)。该方法包括提供与蒸汽发生器容器连通的SO_3减轻。SO_3减轻被配置成减轻在蒸汽发生器容器中生成的烟气混合物中的SO_3。SO_3的减轻发生在烟气混合物进入空气预热器之前。该方法包括配置空气预热器以将第一量的空气加热到基本不小于原系统的燃烧空气的温度且约为288℃至399℃(550°F至750°F)的第二温度，以维持或改善锅炉效率。该方法包括供应第一量的空气的第一部分或者全部到蒸汽发生器容器，以用于燃料的燃烧。该方法还包括将第一温度下的离开蒸汽发生器容器的烟气混合物的全部或者其一部分从空气预热器直接排到微粒收集系统，从而去除烟气混合物中的微粒并产生第一经处理的烟气混合物。该方法也包括将第一经处理的烟气混合物从微粒去除系统直接排到烟气脱硫系统中，从而在烟气脱硫系统中产生例如但不限于52℃至约60℃(125°F至140°F)的第三温度下的第二经处理的烟气混合物，并从烟气脱硫系统中排出第二经处理的烟气混合物。该方法包括注入作为烟气再加热空气的空气的第二部分和处于第三温度下的第二经处理的烟气混合物，从而在进入排放烟囱之前在第四温度(例如，至少约68℃(155°F))下产生第三经处理的烟气混合物。该方法也包括在第四温度下准许第三经处理的烟气混合物进入排放烟囱。第三温度具有如下量值，该量值足以允许烟气再加热空气使第四温度升到足以减少离开排放烟囱的可见烟羽并减轻排放烟囱中的腐蚀的量值。

[0069] 在一个实施例中，改造方法包括用连接烟气脱硫系统、过量空气管道和排放烟囱的歧管来替换连接烟气脱硫系统和排放烟囱的出口管道的至少一部分。

[0070] 在一个实施例中，蒸汽发生器系统还包括烟气再加热空气微粒去除系统，且空气预热器通过烟气再加热空气微粒去除系统与排放烟囱连通。改造方法包括从空气的第二部分中去除微粒污染物，所述微粒污染物由于空气预热器内的泄漏从烟气混合物的引入到空气的第二部分。

[0071] 在一个实施例中，蒸汽发生器系统还包括设置在蒸汽发生器容器和空气预热器之间的连通中的湿度传感器，且改造方法包括利用湿度传感器测量烟气混合物的湿度，以确定第一温度的量值。

[0072] 在一个实施例中，蒸汽发生器系统还包括红外线传感器，且改造方法利用红外线传感器确定空气预热器中的冷端金属温度，比较冷端金属温度和水露点温度；且控制冷端金属温度不小于水露点温度。

[0073] 在一个实施例中，在改造方法中，实施改造方法之后蒸汽发生器系统的第二热效率至少与实施改造方法之前蒸汽发生器系统的第一热效率一样大。

[0074] 本文还公开了用于改造有大约每秒55至60英尺的烟气出口速度的能力的湿烟囱蒸汽发生器系统以用于改善的有效度的方法。该方法包括消除湿烟囱，从而通过以下方式准许增加的烟气出口速度：将空气供应源再配置到空气预热器，以足以确立离开空气预热器的烟气混合物的第一温度的质量流量供应第一量的空气，所述第一温度为这样的：使得空气预热器具有通过以如根据方程式计算的至少1％的增加的热回收(HR)操作的改善的空气预热器限定的冷端出口温度：

[0075] HR＝100％×((Tgi-TgoAdvX)/(Tgi-TgoSTD)-1)，其中

[0076] Tgi＝烟气入口温度，即，进入空气预热器的烟气混合物的烟气入口温度；

[0077] TgoAdvX＝烟气出口温度，即，离开改善的空气预热器的烟气混合物的烟气出口温度；

[0078] TgoSTD＝烟气出口温度，即离开标准空气预热器的烟气混合物的烟气出口温度。

[0079] 该方法包括提供与蒸汽发生器容器连通的SO_3减轻。SO_3减轻被配置成减轻在蒸汽发生器容器中生成的烟气混合物中的SO_3。SO_3的减轻发生在烟气混合物进入空气预热器之前。该方法包括配置空气预热器以将第一量的空气加热到基本不小于原系统的燃烧空气的温度且约为288℃至399℃(550°F至750°F)的第二温度，以相比原系统维持或改善锅炉效率。该方法包括供应第一量的空气的第一部分或者第一量的空气的全部到蒸汽发生器容器以用于燃料的燃烧。该方法还包括将第一温度下的离开蒸汽发生器容器的烟气混合物的全部或者其一部分从空气预热器直接排到微粒收集系统，从而去除烟气混合物中的微粒并产生第一经处理的烟气混合物。第一经处理的烟气混合物从微粒去除系统直接排到烟气脱硫系统中，从而在烟气脱硫系统中产生第三温度下的第二经处理的烟气混合物，并从烟气脱硫系统中排出第二经处理的烟气混合物。该方法包括注入作为烟气再加热空气的第一量的空气的第二部分和处于第三温度下的第二经处理的烟气混合物，从而在进入排放烟囱之前在第四温度下产生第三经处理的烟气混合物。该方法包括在第四温度下准许第三经处理的烟气混合物进入排放烟囱。第三温度具有如下量值，该量值足以允许烟气再加热空气使第四温度升到足以便于干烟囱减少离开排放烟囱的可见烟羽并减轻排放烟囱中的腐蚀的量值。相比原蒸汽发生器系统(即，在实施改进之前)，改造的蒸汽发生器系统能够以增加的负荷运行，在所述增加的负荷下，烟气出口速度超过在湿烟囱的情况下之前准许的速度。

[0080] 在一个实施例中，空气预热器具有不小于空气预热器中的水露点温度的冷端金属温度且使得冷端金属温度小于硫酸露点温度，且第一温度是从约105℃(220°F)至约125℃(257°F)。

[0081] 本文还公开了用于改善蒸汽发生器系统的有效度的方法。该方法包括提供包括蒸汽发生器容器、空气供应系统、空气预热器、第一微粒去除系统、第二微粒去除系统、烟气脱硫系统和烟气排放烟囱的蒸汽发生器系统。空气供应系统通过空气预热器与蒸汽发生器容器连通，且蒸汽发生器容器通过空气预热器、第一微粒去除系统和烟气脱硫系统与排放烟

囱连通。第一微粒去除系统位于空气预热器下游，且烟气脱硫系统位于第一微粒去除系统下游。排放烟囱位于烟气脱硫系统下游且空气预热器通过第二微粒去除系统与排放烟囱连通。该方法也包括提供设置在蒸汽发生器容器和空气预热器之间的湿度传感器；且在空气预热器中提供红外线传感器。该方法包括利用湿度传感器测量烟气混合物的湿度，以确定第一温度的量值。空气供应系统向空气预热器提供第一量的空气。第一量的空气处于足以确立离开空气预热器的烟气混合物的第一温度的质量流量。第一温度具有量值使得空气预热器具有不小于空气预热器中的水露点温度的冷端金属温度且使得冷端金属温度小于硫酸露点温度。第一温度是从约105℃(220°F)至约125℃(257°F)。该方法包括利用红外线传感器确定空气预热器中的冷端金属温度，比较冷端金属温度和水露点温度；且控制冷端金属温度不小于水露点温度。该方法包括减轻蒸汽发生器容器中生成的烟气混合物中的SO_3。SO_3的减轻发生在烟气混合物进入空气预热器之前。该方法包括配置空气预热器以将第一量的空气加热到约288℃至399℃(550°F至750°F)的第二温度，并供应(作为燃烧空气的)第一量的空气的第一部分或者全部到蒸汽发生器容器，以用于燃料的燃烧。该方法包括将第一温度下的离开蒸汽发生器容器的烟气混合物的全部或者其一部分从空气预热器直接排到微粒去除系统，从而去除烟气混合物中的微粒并产生第一经处理的烟气混合物。该方法包括将第一经处理的烟气混合物从微粒去除系统直接排到烟气脱硫系统中，从而在烟气脱硫系统中产生52℃至60℃(125°F至140°F)的第三温度下的第二经处理的烟气混合物并且从烟气脱硫系统排出第二经处理的烟气混合物。该方法包括去除空气的第二部分中的微粒污染物。微粒污染物从空气预热器内来自烟气混合物的泄漏引入到空气的第二部分。该方法还包括注入作为第二温度下从空气预热器进给的烟气再加热空气的第一量的空气的第二部分与处于第三温度下的第二经处理的烟气混合物，从而在进入排放烟囱之前在至少68℃(155°F)的第四温度下产生第三经处理的烟气混合物。该方法还包括在第四温度下准许第三经处理的烟气混合物进入排放烟囱。

[0082] 预期可以结合任意前述实施方式。

附图说明

[0083] 图1的蒸汽发生器系统的一部分的示意性流程图显示了本发明；

[0084] 图2是本发明的蒸汽发生器系统的示意性流程图；

[0085] 图3是本发明的蒸汽发生器系统的示意性流程图；

[0086] 图4是本发明的蒸汽发生器系统的另一实施例的示意性流程图；

[0087] 图5是再加热空气与经洗涤气体的比率和各种烟气温度的增加的曲线图；

[0088] 图6是空气预热器有效度改善的曲线图；

[0089] 图7是本发明的蒸汽发生器系统的另外的实施例的示意性流程图；

[0090] 图8是本发明的蒸汽发生器系统的又一实施例的示意性流程图；

[0091] 图9是结合了图3和图8所示实施例的再加热特征的蒸汽发生器系统的混合实施例的示意性流程图；

[0092] 图10是本发明的蒸气发生器的另一个实施方式的示意性流程图，其包括废水干燥回路；

[0093] 图11是本发明的蒸气发生器的另一个实施方式的示意性流程图，其包括另一种废

水干燥回路；

[0094] 图12是本发明的蒸气发生器的另一个实施方式的示意性流程图，其包括废水加热回路；

[0095] 图13是本发明的蒸气发生器的另一个实施方式的示意性流程图，其包括另一种废水加热回路；

[0096] 图14是本发明的蒸气发生器的另一个实施方式的示意性流程图，其包括湿式灰系统干燥回路；以及

[0097] 图15是本发明的蒸气发生器的另一个实施方式的示意性流程图，其包括湿式灰系统干燥回路；

具体实施方式

[0098] 如图1所示，具有改进有效度的蒸汽发生器系统总体由数字10表示。蒸汽发生器系统10包括蒸汽发生器容器11和空气预热器13(例如，发明人的AdvX™设计的回转再生式热交换器，AdvX™为Arvos Ljungstrom有限公司的商标)。AdvX™空气预热器13经由管道63与蒸汽发生器容器11连通。蒸汽发生器系统10包括空气供应系统13D，其被配置成通过空气预热器13向蒸汽发生器11提供空气。如本文所用的术语蒸汽发生器系统的“改进的有效度”包括：1)维持蒸汽发生器系统10的整体热效率，同时消除或者任意其他方式减轻对于空气预热器13和排放烟囱之间的热交换器(例如，气体-气体热交换器(GGH)的需求)；2)减少空气预热器13中的堵灰；3)改善颗粒去除系统的效率；4)改善空气预热器13的效率；和/或5)相比现有技术的蒸汽发生器系统(例如，PCT专利申请PCT/US2017/13459的图1和图2的蒸汽发生器系统100和100’)，改善蒸汽发生器系统10的整体热效率(即，加热速率)。通过大量分析和测试以及多年不成功的尝试，发明人惊奇地发现蒸汽发生器系统10能够至少与PCT专利申请PCT/US2017/13459所示的现有技术蒸汽发生器系统100一样热有效地运行，但效率没有提高如PCT专利申请PCT/US2017/13459中的图1和图2所示的GGH 106X、106X’、106Y和106Y’的益处。术语“改善蒸汽发生器系统的有效度的方法”还指的是蒸气发生器系统的运行方法。

[0099] 如图1所示，蒸汽发生器系统10包括蒸气发生器容器11、空气供应系统13D和空气预热器13。空气供应系统13D通过空气预热器13与蒸汽发生器容器11连通，以及蒸汽发生器容器11与空气预热器13连通。空气供应系统13D向空气预热器13提供第一量的空气。至少一部分的所述第一量的空气提供到蒸气发生器容器11作为燃烧空气。烟气混合物FG从蒸气发生器容器11经由管道63排放。所有或者一部分的烟气混合物FG流入空气预热器13中。在烟气混合物FG进入空气预热器13之前，减少了烟气混合物中的SO_3，如本文进一步所述。

[0100] 蒸汽发生器系统10包括热俘获装置(例如，热交换器，空气预热器中的热传递元件，其具有的热传递能力超过预加热燃烧空气和/或使得烟气冷却从而冷端金属温度是水(H_2O)露点、管道布置、混合器、管、罐等处或者它们附近的温度)，其与蒸汽发生器、空气预热器、第一量的空气和/或烟气混合物连通，如本文进一步所述。从蒸气发生器、空气预热器、和/或烟气混合物传输走第一热量到各种位置，如本文所述。例如，所有或者一部分的第一热量可以是：(1)在锅炉启动期间使用，选择性地预热微粒去除系统、烟气脱硫系统和/或中间管道，参照图7所示和所述；(2)用于煤干燥设备69以及后续排出到大气的锅炉运行期

间，参照图7所示和所述；(3)释放到大气，分别如图3和8的大气排出管线AV1和AV2所示；(4)用于改善蒸汽发生器系统10的加热速率，例如，如图12和13所示；(5)从湿式灰去除系统排放的灰浆料中蒸发水，所述湿式灰去除系统与微粒去除系统连通(如图10和11)和/或与蒸气发生器容器11连通；以及(6)在废水系统中，减少来自其的水排放，例如，如图10和11。使用全部或一部分的第一热量来改善蒸汽发生器系统10的加热速率包括：(1)采用至少一部分的所述第一热量，来改善蒸汽循环效率；(2)采用至少一部分的所述第一热量，来对供给到蒸汽发生器系统的进料水或冷凝物进行预热；以及(3)采用至少一部分的所述第一热量，来降低蒸气发生器系统中的寄生负载(例如，空间和饮用水加热以及除了用于产生电力的蒸汽之外，用于驱动转动设备(例如，代替电力驱动马达的风扇)的涡流的蒸汽以及其他蒸汽或热负载)。

[0101] 如图2所示，蒸汽发生器系统10还包括微粒去除系统14、烟气脱硫系统17、和排放烟囱19。蒸汽发生器容器11通过空气预热器13、微粒去除系统14和烟气脱硫系统17与排放烟囱19连通。微粒去除系统14直接位于空气预热器13的下游，使得没有诸如风机或热交换器等其它实质性的组件位于空气预热器13和微粒去除系统14之间，空气预热器和微粒去除系统经由管道60彼此流体连通。特别地，没有与PCT专利申请PCT/US2017/13459的图2所示的类似的GGH 106X'位于空气预热13和微粒去除系统14之间。烟气脱硫系统17直接位于微粒去除系统14下游，使得没有诸如热交换器等其他实质性的组件位于微粒去除系统14和烟气脱硫系统17之间，微粒去除系统和烟气脱硫系统经由管道61彼此流体连通。特别地，没有与PCT专利申请PCT/US2017/13459的图1所示的类似的GGH106X位于微粒去除系统14和烟气脱硫系统17之间。排气烟囱19直接位于烟气脱硫系统17下游，使得没有诸如风机或热交换器等其他实质性的组件位于经由管道62彼此流体连通的烟气脱硫系统17和排放烟囱19之间。特别地，没有与PCT专利申请PCT/US2017/13459的图1和图2所示的GGH106Y或GGH 106Y'位于烟气脱硫系统17和排放烟囱19之间。没有热交换器位于空气预热13和排放烟囱19之间。在一个实施例中，如图3所示，管道62包括设置其内的再加热空气注入设备21，诸如混合器、一个或多个转动叶片、交汇部件和/或湍流器设备，以使第一量A1的空气的第二部分P2与第二经处理的烟气混合物FG2进行混合，如本文所述。

[0102] 如图3所示，空气供应系统13D被配置成向空气预热器13提供第一量A1的空气。第一量A1的空气具有超过蒸汽发生器容器11中的燃料燃烧所需的量值(例如，所述第一热量的大小超过用于提供到蒸气发生器容器11的那部分的所述第一量的空气进行预热的大小)。在一个实施方式中，第一热量的大小是用于对燃烧空气进行预加热的约10-25％。在一个实施方式中，所述第一热量的大小是基于现有空气供应系统13D的过剩容量或设计富余(例如，风扇质量流量输出富余)进行确定的，例如，第一热量的大小是用于预热燃烧空气的约10-15％。在改进应用中，使用现有的空气供应系统13D消除了替换昂贵的风扇和相关系统的需求。在一个实施方式中，第一量的空气的大小超过作为燃烧空气所需的情况。空气预热器13被配置成以足以确立离开空气预热器13的烟气混合物FG的第一温度T1的质量流量来提供第一量A1的空气。所述第一量A1的空气通过常规方式(例如但不限于，可变速风扇和/或压缩机、控制阀和/或节气阀)进行调节。由于在空气预热器13的冷端处发生的空气－气体的泄漏(例如，由于空气预热器13中的无效、低效率或者损坏的区段密封或者其他密封所导致的泄露)，离开空气预热器13的烟气混合物FG的第一温度T1比离开蒸汽发生器容器

11的烟气冷。离开蒸汽发生器容器11的烟气的温度经常被称为“未修正的”气体出口温度，而在与冷空气泄漏混合之后的离开空气预热器13的烟气混合物FG的第一温度T1经常被称为“修正的”气体温度。第一温度T1为这样的：使得空气预热器13具有不小于(例如，不明显小于、近似等于或者不明显大于)空气预热器13中的水露点温度的冷端金属温度，并且使得冷端金属温度小于硫酸露点温度。如本文所用的术语“冷端金属”是空气预热器13中的在其内处于最低温度的的部分。第一温度T1是从约105℃(220°F)至约125℃(257°F)。如本文所用，术语“不小于水露点温度”意味着这样一种温度，其近似等于水露点温度，使得空气预热器中的热传递元件没有导致结垢腐蚀的永久性润湿。

[0103] 在另一实施例中，第一温度T1通过以与标准空气预热器的至少1％(百分之一)相比增加的热回收HR运行的改善的空气预热器(例如，AdvX™空气预热器，ARVOS Ljungstrom有限公司的商标)定义。该增加的热回收HR表示根据方程式计算的百分比数：HR＝100％×((Tgi-TgoAdvX)/(Tgi-TgoSTD)-1)。应当明白，负数将表示减少的热回收。这里，标准空气预热器被定义为这样的空气预热器，其中第一量的空气具有等于燃烧所需的量值，即，该第一量的空气为燃烧空气且没有过量空气被预加热，且被限定为具有改善的空气预热器的等效直径和深度的转子。

[0104] 在方程式HR＝100％×((Tgi-TgoAdvX)/(Tgi-TgoSTD)-1)中：

[0105] Tgi＝烟气入口温度，即，进入空气预热器的烟气混合物的烟气入口温度；

[0106] TgoAdvX＝烟气出口温度，即，离开改善的空气预热器的烟气混合物的烟气出口温度；

[0107] TgoSTD＝烟气出口温度，即离开标准空气预热器的烟气混合物的烟气出口温度。

[0108] 例如，如果Tgi＝700华氏度；TgoSTD＝300华氏度；且TgoAdvX＝295华氏度，则HR＝100％×((700-295)/(700-300)-1)＝1.25％。

[0109] 在一个实施方式中，空气供应系统13D向空气预热器13提供所述第一量A1的空气，以及通过常规方式(例如，可变速风扇、鼓风机、压缩机、节气阀、阀门、管道布置及其组合)来调节所述第一量A1的空气。因此，所述第一量A1的空气调节具有的质量流量足以建立起离开空气预热器13的烟气混合物的第一温度T1。在一个实施方式中，所述第一量A1的空气的质量流量的大小是基于改进的空气预热器13的性能(具体来说，热回收量HR)确定的，这取决于所采用的改进的密封和/或改进的热传输片的程度。第一温度T1使得空气预热器的冷端出口温度定义为改进的空气预热器运行，具有至少1％的热回收(HR)增加，所述HR根据如下等式计算：

[0110] HR＝100％x((Tgi-TgoAdvX)/(Tgi-TgoSTD)-1)。

[0111] 在一个实施方式中，空气预热器的冷端金属温度不小于空气预热器中的水露点温度(例如，温度近似等于水露点温度，使得空气预热器中的热传递元件没有导致结垢腐蚀的永久性润湿)，以及使得冷端金属温度小于硫酸露点温度，以及第一温度是约105℃(220°F)至约125℃(257°F)。

[0112] 在一个实施方式中，通过如下方式实现改进的空气预热器的改进的热回收HR：相比于现有技术热传递元件，采用具有改进的热传递系数和增加的热传递面积的热传递元件。例如，申请人Arvos Ljungstrom有限公司所述和/或所采用的改进的热传递元件：(1)美国专利申请序列号14/089,139，“Heat Transfer Elements for a Closed Channel

Rotary Regenerative Air Preheater(用于封闭通道转动再生空气预热器的热传递元件)”,提交于2013年11月25日;(2)国际申请号PCT/US2016/069186,“A Heat Transfer Sheet Assembly with an Intermediate Spacing Feature(具有中间间距特征的热传递片组件)”,其提交于2016年12月29日;(3)国际申请号PCT/US2017/026840,“A Heat Transfer Sheet Assembly with an Intermediate Spacing Feature(具有中间间距特征的热传递片组件)”,其提交于2017年4月10日;(4)美国专利申请序列号14/877,451,“Alternating Notch Configuration for Spacing Heat Transfer Sheets(用于间隔热传递片的交替开槽构造)”,其提交于2015年10月7日;(5)国际申请号PCT/US2016/056209,“Alternating Notch Configuration for Spacing Heat Transfer Sheets(用于间隔热传递片的交替开槽构造)”,其提交于2016年10月10日;(6)申请人的DN8™品牌热传递片;和/或(7)申请人的TF4™品牌热传递片,它们单独或组合用于改进的空气预热器,以实现增加的热回收HR。

[0113] 在一个实施方式中,通过采用相比于现有技术密封改进的密封来实现改进的空气预热器的热回收HR增加。例如,申请人Arvos Ljungstrom有限公司所述和/或所采用的改进的密封:(1)美国专利申请序列号14/829,210,“Flexible Seal for Rotary Regenerative Preheater(用于转动再生预热器的挠性密封)”,其提交于2015年8月18日;(2)国际申请号PCT/US2016/056209,Flexible Seal for Rotary Regenerative Preheater(用于转动再生预热器的挠性密封)”,其提交于2016年10月10日;(3)国际申请号PCT/US2017/017414,“Flexible Seal for Rotary Regenerative Preheater(用于转动再生预热器的挠性密封)”,其提交于2017年2月10日;(4)申请人的Optiflex™品牌挠性密封;和/或(5)申请人的Taperflex II™品牌密封,它们单独或组合用于改进的空气预热器,以实现增加的热回收HR。

[0114] 在一个实施方式中,在改进的空气预热器中同时使用改进的热传递片和改进的密封,以实现热回收HR的增加。

[0115] 前述等式(即,HR＝100％x((Tgi-TgoAdvX)/(Tgi-TgoSTD)-1))用于量化通过在改进的空气预热器13中采用上文所述的改进的热传递片和改进的密封所实现的热回收HR的百分比改进,这是相比于现有技术空气预热器而言。

[0116] 申请人发现,在烟气混合物FG进入空气预热器13之前减少烟气混合物中的SO_3,实现了采用具有热回收HR增加的改进的空气预热器,而对于现有技术蒸气发生器系统,相关领域技术人员尚无法通过使用更高效的传热元件和更大的传热元件的传热面积来实现提高APH效率的全部潜力,这是由于控制污染物相关的运行限制所导致的。但是,本领域技术人员会理解如何在改进的空气预热器中安装此类改进的传热元件和改进的密封,以实现热回收HR的增加。

[0117] 空气预热器13还被配置成将第一量A1的空气加热至约288℃至399℃(550°F至750°F)的第二温度,以用于燃料的燃烧且用于如本文所述的再加热空气。

[0118] 蒸汽发生器系统10包括用于空气预热器13上游的SO_3减轻的一个或多个系统或设备,该系统或设备被配置成减轻在蒸汽发生器容器11中生成的烟气混合物FG中的SO_3。在一个实施例中,用于空气预热器13上游的SO_3减轻的一个或多个系统或设备包括供应低硫燃料到蒸汽发生器容器11。低硫燃料具有适于生成不到百万分之五的SO_3的成分。在一个实施

例中，用于空气预热器13上游的SO_3减轻的一个或多个系统或设备包括在准许烟气混合物FG进入空气预热器13(例如，在管道63中)之前去除烟气混合物FG中的SO_3。在一个实施例中，用于空气预热器13上游的SO_3减轻的一个或多个系统或设备包括在准许烟气混合物FG进入空气预热器13之前使烟气混合物中的SO_3化学呈现为惰性盐。在一个实施例中，化学呈现包括喷射试剂的水性悬液，该试剂要么包含钠、镁、钾、铵和/或硫代硫酸钙且包含诸如硫代硫酸盐和氯化物种类等一种或多种可溶盐化合物、要么包含碳酸钠、碳酸氢钠、氢氧化钠、氢氧化铵、氢氧化钾、碳酸钾和碳酸氢钾中的至少一种，以产生包含可以与烟气中的SO_3起反应的至少一种可溶盐化合物的干燥颗粒的微粒薄雾。

[0119] 如图3所示，微粒去除系统14被配置成经由管道61将第一温度T1下的烟气混合物FG1直接输送到烟气脱硫系统17。如图3所示，微粒去除系统14构造成将第一温度T1的烟气混合物FG1经由管道61直接传递到烟气脱硫系统17，从而T1所处的范围合适系统17的有效运行。如图3所示，微粒去除系统14构造成将第一温度T1的烟气混合物FG1经由管道61传递到烟气脱硫系统17，从而T1所处的范围合适系统17的有效运行。在一个实施例中，微粒去除系统14为干式静电除尘器(ESP)。该干式ESP包括多排纤细的垂直的线(未示出)，其跟有一堆垂直定向的较大的平金属板(未示出)。烟气FG水平地流经各线之间的空间，且然后穿过该堆板。几千伏特的负压施加在线和板之间。如果施加的电压足够高，电晕放电使电极周围的烟气离子化，这然后使烟气流中的颗粒离子化。由于静电力，离子化的颗粒转向接地的板。颗粒聚集在收集板上并从中被去除。在较低温度下以本文所公开的烟气成分运行ESP提供显著的效率益处，且可以使用于各种蒸汽发生器系统所需的ESP的大小减小。虽然显示和描述的是干式ESP，但是本发明不限于此，因为可以使用湿式ESP。

[0120] 如图4所示，在一个实施例中，蒸汽发生器系统10'还包括定位在管道64和65中以及它们之间的烟气再加热空气微粒去除系统33。空气预热器13通过烟气再加热空气微粒去除系统33与排放烟囱19连通，以有效的地从空气的第二部分P2中去除微粒污染物，微粒污染物由于空气预热器13内的泄漏从烟气混合物FG引入。在一个实施例中，烟气再加热空气微粒去除系统33类似于如本文所述的微粒去除系统14配置。如图4所示，烟气再加热空气微粒去除系统33和排放烟囱19之间没有设置风机。

[0121] 如图3所示，过量空气管道65与空气预热器13以及定位在烟气脱硫系统17和排放烟囱19之间的管道62连通。过量空气管道65被配置成在第二温度T2下将第一量A1的空气的该第二部分P2(作为从空气预热器13进给的烟气再加热空气P2)从空气预热器13输送到第二管道62。例如，过量空气65被保温层(未示出)覆盖以便最小化来自过量空气管道65的热损失。此外，过量空气管道65配置有合适的横截面流动面积、平滑的内表面和最小数量的弯头，以最小化通过过量空气通道65的压力损失。

[0122] 如图3所示，再加热空气注入设备21位于烟气脱硫系统17和排放烟囱19之间。再加热空气注入设备21被配置成在至少68℃(155°F)的第四温度T4下将烟气排到排放烟囱19中，从而通常使烟气温度上升至少约5°F。在一个实施例中，再加热空气注入设备21包括设置其中的混合器、一个或多个转动叶片、接合部件和/或湍流器设备，以使第一量A1的空气的第二部分P2(即，烟气再加热空气P2)与第二经处理的烟气混合物FG2进行混合。在另一实施例中，再加热空气注入设备21被配置成抑制起动期间的腐蚀或以其它方式维持通向烟囱19的烟气入口处的运行中的流体动力稳定性和/或降低可见羽流从烟囱排出的可能性。在

一个实施例中，再加热空气注入设备是连接烟气脱硫系统17、过量空气管道65和排放烟囱19的歧管39的一部分。歧管包括过量空气管道65连接至其的分支连接。在另一实施例中，再加热空气适当地借助于热交换管或管道间接地再加热混合物FG2，使烟气与排放烟囱19地流经所述热交换管或管道。

[0123] 如图4所示，在一个实施例中，蒸汽发生器系统10’包括选择性催化还原系统(SCR)31，以用于在催化剂的帮助下将氮氧化物(也称为NOx)转换为双原子氮(N_2)和水(H_2O)。蒸汽发生器容器11通过SCR 31与空气预热器13连通。

[0124] 如图4所示，在一个实施例中，蒸汽发生器系统10’包括设置在蒸汽发生器容器11的出口中以及空气预热器13上游的湿度传感器34，以测量烟气混合物FG的湿度。湿度传感器被配置成确定第一温度T1的量值。

[0125] 如图4所示，在一个实施例中，蒸汽发生器系统10’包括红外线传感器32以确定空气预热器13的温度。红外线传感器32被配置成通过测量与冷端热流通或接近冷端的空气预热器13的一部分的温度来确定空气预热器的温度，例如是冷端金属温度。蒸汽发生器系统10’包括控制单元71，诸如计算机处理器、存储器和信号处理电子器件，其被配置成控制高于空气预热器13中的水露点的冷端金属温度。

[0126] 如图7所示，在另一实施例中，在蒸汽发生器系统10”中，过量空气管道65设有过量空气放气阀66，以在例如起动期间输送第一量A1的空气的第三部分P3作为可用的预热空气P3，从而预加热空气预热器13下游的设备和管道。提供挡板门(未示出)以选择性地进给分别在ESP 14和FGD17上游的预热注入部位67、68，从而将预热空气P3引入到烟气混合物FG和FG1中。此外，预热空气P3可进给到远处的煤干燥机69(CD)，当利用如褐煤等湿煤时，所述煤干燥机尤其有用。煤干燥所需的预热通常为煤燃烧是需要的，但在利用例如油或天然气起动燃烧期间不一定是需要的。当干燥煤时由空气预热器13提供的较低的出口温度是有利的，因为意图是去除水分且不过度地提高煤温度(例如因为这种提高会增加磨煤机内预着火的可能性)。应当理解，空气放气阀66可在运行期间选择性地用于设备/管道预热和/或煤干燥，且在起动期间尤其有用以抑制设备和管道内的冷凝。应当明白，在其它实施例中，仅在ESP 14或FGD 17上游而不是如图7所示两者的上游需要预热空气。

[0127] 本发明包括用于改善蒸汽发生器系统10的有效度的方法。该方法包括提供如本文详细所述的且包括蒸汽发生器容器11、空气供应系统13D、空气预热器13、微粒去除系统14、烟气脱硫系统17和烟气排放烟囱19的蒸汽发生器系统10。空气供应系统13D通过空气预热器13与蒸汽发生器容器11连通，且蒸汽发生器容器11通过空气预热器13、微粒去除系统14和烟气脱硫系统17与排放烟囱19连通。微粒去除系统14位于空气预热器13下游。烟气脱硫系统17位于微粒去除系统14下游。排放烟囱19位于烟气脱硫系统17下游。

[0128] 该方法包括使空气供应系统13D向空气预热器13提供第一量A1的空气。第一量A1的空气具有超过蒸汽发生器容器11中的燃料燃烧所需的量值。空气预热器13以足以确立离开空气预热器13的烟气混合物FG的第一温度T1的质量流量来提供第一量A1的空气。第一温度T1为这样的：使得空气预热器具有不小于空气预热器13中的水露点温度的冷端金属温度，且使得冷端金属温度小于硫酸露点温度。第一温度是从约105℃(220°F)至约125℃(257°F)。

[0129] 该方法包括在烟气混合物FG进入空气预热器13之前减轻在蒸汽发生器容器11中

生成的烟气混合物FG中的SO_3。该方法包括配置空气预热器13以将第一量A1的空气加热到约288℃至399℃(550°F至750°F)的第二温度T2,且供应作为燃烧空气的第一量A1的空气的第一部分P1到蒸汽发生器容器11以用于燃料的燃烧。该方法包括将处于第一温度T1下的烟气混合物FG从空气预热器13直接排到微粒去除系统14,从而去除烟气混合物FG中的微粒并产生第一经处理的烟气混合物FG1。该方法还包括将第一经处理的烟气混合物FG1从微粒去除系统14直接排到烟气脱硫系统17中,从而在烟气脱硫系统17中产生处于52℃至60℃(125°F至140°F)的第三温度T3下的第二经处理的烟气混合物FG2并且从烟气脱硫系统17排出第二经处理的烟气混合物FG2。该方法也包括注入第一量A1的空气的第二部分P2、作为在第二温度T2下从空气预热器13进给的烟气再加热空气和处于第三温度下的第二经处理的烟气混合物FG2,从而在进入排放烟囱19之前在至少68℃(155°F)的第四温度T4下产生第三经处理的烟气混合物FG3。在第四温度T4下,准许第三经处理的烟气混合物FG3进入排放烟囱19。

[0130] 在一个实施例中,蒸汽发生器系统10还包括如图4所示的SCR 31以用于在催化剂的帮助下将氮氧化物(也称为NOx)转换为双原子氮(N_2)和水(H_2O)。蒸汽发生器容器11通过SCR 31与空气预热器13连通。

[0131] 如图4所示,在一个实施例中,蒸汽发生器系统10'包括烟气再加热空气微粒去除系统33。空气预热器13通过烟气再加热空气微粒去除系统33与排放烟囱19连通。在一个实施例中,该方法包括从空气的第二部分P2中去除微粒污染物。微粒污染物由于空气预热器13内的泄漏从烟气混合物FG1引入到空气的第二部分P2。

[0132] 如图4所示,在一个实施例中,蒸汽发生器系统10'包括设置在蒸汽发生器容器11和空气预热器13之间的湿度传感器34。在一个实施例中,该方法包括利用湿度传感器34测量烟气混合物FG的湿度,以确定第一温度T1的量值。

[0133] 如图4所示,在一个实施例中,蒸汽发生器系统10'包括红外线传感器32。在一个实施例中,该方法包括利用红外线传感器确定空气预热器13中的冷端金属温度。红外线传感器32通过测量与冷端热连通或接近冷端的空气预热器13的一部分的温度来确定空气预热器温度,例如冷端金属温度。蒸汽发生器系统10'包括控制单元71,诸如计算机处理器、存储器和信号处理电子器件,且该方法包括比较冷端金属温度和水露点温度并利用控制单元控制冷端金属温度高于空气预热器13中的水露点。

[0134] 在一个实施例中,该方法包括通过供应低硫燃料到蒸汽发生器容器11来减轻烟气混合物FG中的SO_3。低硫燃料具有生成不到百万分之五的SO_3的成分。

[0135] 在一个实施例中,该方法包括通过在准许烟气混合物FG进入空气预热器13之前去除烟气混合物FG中的SO_3来减轻烟气混合物FG中的SO_3。

[0136] 在一个实施例中,该方法包括通过在准许烟气混合物FG进入空气预热器13之前使烟气混合物中的SO_3化学呈现为惰性盐(转化成惰性盐)来减轻烟气混合物FG中的SO_3。在一个实施例中,化学呈现步骤包括喷射试剂的水性悬液,该试剂要么包含钠、镁、钾、铵和硫代硫酸钙中的至少一个且包含选自由硫代硫酸盐和氯化物种类组成的组的至少一种可溶盐化合物、要么包含碳酸钠、碳酸氢钠、氢氧化钠、氢氧化铵、氢氧化钾、碳酸钾和碳酸氢钾中的至少一种,以产生包含可以与烟气中的SO_3起反应的至少一种可溶盐化合物的干燥颗粒的微粒薄雾。

[0137] 在一个实施例中，该方法包括在烟气脱硫系统17和排放烟气19之间提供注入设备21，且其中在第二温度T2下第一量A1的空气的第二部分P2与处于第三温度T3下的第二经处理的烟气混合物FG2的注入发生在注入设备21中。

[0138] 在一个实施例中，该方法包括将处于第一温度T1下的烟气混合物FG从空气预热器13直接排到微粒去除系统14，而空气预热器13和微粒去除系统14之间没有设置热交换器。

[0139] 在一个实施例中，该方法包括将第一经处理的烟气混合物FG1从微粒去除系统14直接排到烟气脱硫系统17，而微粒去除系统14和烟气脱硫系统17之间没有设置热交换器。

[0140] 在一个实施例中，该方法包括第一量A1的空气的第二部分P2以第二部分P2与第二经处理的燃气混合物FG2的1％至16％的质量比进行注入。在一个实施例中，该方法包括第一量A1的空气的第二部分P2以第二部分P2与第二经处理的烟气混合物FG2的9％至16％的质量比进行注入。

[0141] 本发明包括用于改造蒸汽发生器系统100、100’以用于改善有效度的方法。用于改造的方法包括去除定位在空气预热器13下游的一个或多个热交换器。用于改造的方法包括将空气供应源13D再配置到空气预热器13，以供应超过蒸汽发生器容器11中的燃料燃烧所需的第一量A1的空气，且再配置空气供应源13D和空气预热器13中的至少一个，使得以足以确立离开空气预热器13的烟气混合物FG的第一温度T1的质量流量来提供第一量A1的空气，第一温度T1为这样的：使得空气预热器具有不小于空气预热器13中的水露点温度的冷端金属温度，且使得冷端金属温度低于硫酸露点温度，且第一温度T1是从约105℃(220°F)至约125℃(257°F)。

[0142] 在另一实施例中，第一温度T1通过如本文所限定的以相比标准空气预热器至少1％(百分之一)的增加的效率运行的改善的空气预热器(例如，AdvX^{TM}空气预热器)限定。相比分别如PCT专利申请PCT/US2017/13459的图1和图2所示的现有技术空气供应103D、103D’中所采用的，空气供应13D的再配置包括但不限于采用更高流量和/或压力能力的风机或鼓风机和/或减少空气供应系统中的压降。

[0143] 用于改造的方法包括提供与蒸汽发生器容器11连通的一个或多个SO_3减轻系统。SO_3减轻系统被配置成减轻在蒸汽发生器容器11中生成的烟气混合物中的SO_3。在一个实施例中，SO_3的减轻发生在烟气混合物FG进入空气预热器13之前。用于改造的方法包括配置空气预热器13以将第一量A1的空气加热至第二温度T2。第二温度基本不小于原系统(例如，分别是PCT专利申请PCT/US2017/13459的图1和图2的现有技术蒸汽发生器系统100、100’)的燃烧空气的温度。在一个实施例中，第二温度为约288℃至399℃(550°F至750°F)以维持或改善锅炉热效率。用于改造的方法包括供应第一量A1的空气的第一部分P1到蒸汽发生器容器11以用于燃料的燃烧。用于改造的方法包括将处于第一温度T1下的烟气混合物FG从空气预热器13直接排到微粒收集系统14，从而去除烟气混合物FG中的微粒并产生第一经处理的烟气混合物FG1。第一经处理的烟气混合物FG1从微粒去除系统14直接排到烟气脱硫系统17(即，没有流经热交换器，诸如分别是PCT专利申请PCT/US2017/13459的图1和图2的现有技术热交换器系统的GGH 106Y、106Y’)。但是，在一个改进实施方式中，将第一处理过的烟气混合物FG1从微粒去除系统14直接排放到烟气脱硫系统17中，这是借由流动通过一个或多个现有热交换器(例如，分别是PCT专利申请PCT/US2017/13459的图1和2的现有技术热交换器系统的GGH 106Y、106Y’)。在此类改进实施方式中，现有的热交换器可以完全运行或者性

能降级，或者对于热交换是无功能的。用于改造的方法包括在烟气脱硫系统17中产生52℃至60℃(125°F至140°F)的处于第三温度T3下的第二经处理的烟气混合物FG2，并且从烟气脱硫系统17中排出第二经处理的烟气混合物FG2。

[0144] 用于改造的方法包括注入作为在第二温度T2下从空气预热器13进给的烟气再加热空气的第一量A1的空气的第二部分P2与处于第三温度T3下的第二经处理的烟气混合物FG2，从而在进入排放烟囱19之前在68℃(155°F)的第四温度T4下产生第三经处理的烟气混合物FG3；且在第四温度T4下准许第三经处理的烟气混合物FG3进入排放烟囱19。

[0145] 在一个实施例中，用于改造的方法包括用连接烟气脱硫系统17、过量空气管道65和排放烟囱19的歧管39来替换连接烟气脱硫系统17和排放烟囱19的出口管道的至少一部分。

[0146] 在一个实施例中，用于改造的方法包括提供烟气再加热空气微粒去除系统33，使得空气预热器13通过烟气再加热空气微粒去除系统33与排放烟囱19连通。微粒污染物从空气的第二部分P2中去除，微粒污染物由于空气预热器13内的泄漏从烟气混合物FG引入到空气的第二部分P2。

[0147] 在一个实施例中，用于改造的方法包括设置在蒸汽发生器容器11和空气预热器13之间的连通中的湿度传感器34。湿度传感器34测量烟气混合物FG的湿度以确定第一温度T1的量值。

[0148] 在一个实施例中，用于改造的方法包括提供红外线传感器32；且利用红外线传感器确定空气预热器13中的冷端金属温度，比较冷端金属温度和水露点温度；且利用如本文所述的控制单元71控制冷端金属温度不小于该水露点温度。

[0149] 在实施改造方法之后，蒸汽发生器系统10、10'、10"具有至少与在实施改造方法之前的现有技术的蒸汽发生器系统(例如，分别是PCT专利申请PCT/US2017/13459的图1和图2的蒸汽发生器系统100、100')的第一热效率一样大的第二热效率。在一个这种实施例中，原蒸汽发生器系统利用限于每秒大约55至60英尺的烟气出口速度的湿烟囱运行，从而防止污染物薄雾离开排放烟囱19。这种湿烟囱配备有排入水处理设备中的冷凝收集装置，在从该设备排放之前所述水处理设备去除污染物。通过利用本发明，改造的设备利用干烟囱操作，所述干烟囱通常能够以多至约每秒100英尺的烟气出口速度操作。烟气速度为负荷的函数，即在低负荷条件中烟气速度很低，且最大运行负荷可受最大可持续的烟气速度的限制。因此，应当明白，一旦改造，蒸汽发生器系统10、10'、10"能够以比之前可能的更高的负荷运行，从而导致来自蒸汽发生器容器11的增加的蒸汽生成和功率输出。即使以不大于之前的负荷运行，没有湿烟囱也会导致减少水的使用以及与不再需要使用到目前为止从排放烟囱19收集的冷凝物的任何水处理相关联的成本节约。本发明也包括用于改善蒸汽发生器系统10的有效度的另一方法。该方法包括提供包括蒸汽发生器容器11、空气供应系统13D、空气预热器13、第一微粒去除系统14、第二微粒去除系统33、烟气脱硫系统17和烟气排放烟囱19的蒸汽发生器系统10。蒸汽发生器系统10使空气供应系统13D通过空气预热器13与蒸汽发生器容器11连通。蒸汽发生器容器11通过空气预热器13、第一微粒去除系统14和烟气脱硫系统17与排放烟囱19连通，第一微粒去除系统14位于空气预热器13下游，烟气脱硫系统17位于第一微粒去除系统14下游；排放烟囱19位于烟气脱硫系统17下游，且空气预热器13通过第二微粒去除系统33与排放烟囱19连通。该方法包括提供设置在蒸汽发生器容器11和空

气预热器13之间的湿度传感器，且接近空气预热器13或在空气预热器13中提供红外线传感器32。该方法包括利用湿度传感器测量烟气混合物FG的湿度以确定第一温度T1的量值。

[0150] 该方法包括经由空气供应系统13D向空气预热器13提供第一量A1的空气，第一量A1的空气具有超过在蒸汽发生器容器11中燃烧燃料所需的量值，且空气预热器13以足以确立离开空气预热器13的烟气混合物FG的第一温度T1的质量流量来提供第一量A1的空气，第一温度T1为这样的：使得空气预热器具有不小于空气预热器13中的水露点温度的冷端金属温度，且使得冷端金属温度小于硫酸露点温度，且第一温度T1是从约105℃(220°F)至125℃(257°F)。

[0151] 该方法包括利用红外线传感器32确定空气预热器13中的冷端金属温度，比较冷端金属温度和水露点温度；且利用如本文所述的控制单元71控制冷端金属温度不小于水露点温度。

[0152] 该方法包括减轻在蒸汽发生器容器11中生成的烟气混合物中的SO_3。SO_3的减轻发生在烟气混合物FG进入空气预热器13之前。空气预热器13被配置成将第一量A1的空气加热至约288℃至399℃(550°F至750°F)的第二温度T2。第一量A1的空气的第一部分P1作为燃烧空气供应到蒸汽发生器容器11以用于燃料的燃烧。

[0153] 该方法包括将处于第一温度T1下的烟气混合物FG从空气预热器13直接排到微粒去除系统14，从而去除烟气混合物FG中的微粒并产生第一经处理的烟气混合物FG1。第一经处理的烟气混合物FG1从微粒去除系统14直接排到烟气脱硫系统17中，从而在烟气脱硫系统17中产生处于约52℃至60℃(125°F至140°F)的第三温度T3下的第二经处理的烟气混合物FG2，并且从烟气脱硫系统17排走第二经处理的烟气混合物FG2。

[0154] 该方法包括从空气的第二部分P2中去除微粒污染物。微粒污染物从空气预热器13内来自烟气混合物FG的泄漏引入到空气的第二部分P2。第一量A1的空气的第二部分P2作为第二温度T2下从空气预热器13进给的烟气再加热空气与处于第三温度T3下的第二经处理的烟气混合物FG2一起喷射，从而在进入排放烟囱19之前在至少68℃(155°F)的第四温度T4下产生第三经处理的烟气混合物FG3。在第四温度T4下准许第三经处理的烟气混合物FG3进入排放烟囱19。

[0155] 如图5所示，整体由数字70表示的曲线图具有在X轴72上以华氏度表示的烟气再加热空气P2温度和Y轴71上以等于烟气再加热空气P2(即，第一量A1的空气的第二部分P2)的质量流量W_R除以在125℉下离开FGD系统17(图3和图4)的经洗涤气体FG2的质量流量W_G的100倍的百分比表示再加热空气比RR。曲线图70包括用于离开FGD 17(图3和图4)的烟气FG2的温升DTr的六种不同的曲线。具体地，曲线图包括针对5°F的DTr的曲线80、针对10°F的DTr的曲线81、针对20°F的DTr的曲线82、针对30°F的DTr的曲线83；针对40°F的DTr的曲线84和用于50°F的DTr的曲线85，其示出取决于再加热空气P2的温度的再加热空气比RR。例如，再加热比RR的范围在点86处为约1％(即，800°F，针对曲线80的5°F的DTr的0.9％)至点87处约16％(即，500°F，针对曲线85的50°F的DTr的500°F下的15.9％)。对于针对50°F DTr的曲线85，RR的范围为点88处约9％(即，800°F，针对曲线85的50°F的DTr的9.1％)至点87处约16％(即，500°F，针对曲线85的50°F的DTr的500°F下的15.9％)。虽然示出并描述1％至16％以及9％至16％的再加热比RR的范围，根据DTr和再加热空气P2的温度可采用再加热比RR的其它范围。作为大量分析和测试的结果，发明人得到图5的数据点和曲线80-85，从而发现图5的

曲线图70上用曲线示出的令人惊奇的结果。

[0156] 如图6所示，曲线图90具有在X轴92上以百分比示出的空气预热器13的有效度以及Y轴91上以摄氏度示出的温度，该图是针对1000MW的蒸汽发生器系统10、10'的在由于将烟气再加热空气P2注入到FGD 17和排放烟囱19之间的管道62中而使得离开FGD 17的烟气FG2的温度上升28℃(50°F)的情况。曲线图90包括依据二次空气P1、P2温度T2(图3和图4)的空气预热器13有效度的曲线93。曲线图90包括依据烟气FG出口温度T1(图3和图4)的空气预热器13有效度的曲线94。发明人已经发现，为了维持蒸汽发生器系统10、10'的热效率，PCT专利申请PCT/US2017/13459所示的现有技术蒸汽发生器系统100、100'的150℃烟气FG出口温度(曲线图90中由虚线98"示出)和约105℃的烟气FG出口温度T1(图3和图4)(曲线图90中用虚线98'示出)之间35℃的温差DT是需要的。随着烟气出口温度的温差DT增加，实现了蒸汽发生器系统10、10'的热效率改善。例如，如曲线图90所示，热效率增加在烟气出口温度T1为90℃且空气预热器有效性为97％的线94的点94A处实现。增加的热效率和空气预热器有效度是通过大于现有技术空气预热器供应的第一量A1的空气和/或与现有技术空气预热器中所采用的传热元件相比空气预热器13中的传热元件的增加的效率或增加的面积的结果。如曲线图90所示，相比PCT专利申请PCT/US2017/13459的现有技术蒸汽发生器系统100、100'，空气预热器13的有效度和蒸汽发生器系统10、10'的增加的热效率也通过供应到蒸汽发生器容器11以用于燃料燃烧的第一量A1的空气的第一部分P1的温度的增加实现。曲线图90包括曲线93，其示出以第一量A1的第一部分P1的温度为函数的空气预热器13的有效度的增量。例如，在第一量A1的第一部分P1的温度为368℃且空气预热器13有效性为97％的点93A处，相比于PCT专利申请PCT/US2017/13459的现有技术蒸汽发生器系统100、100"，实现了蒸汽发生器系统10、10'的热效率的增加。

[0157] 在图8所示的实施例中，为了实现空气预热器13的低温运行，将供给给空气预热器13的烟气的量减少，而不是如在之前各实施例中那样采用过量空气。这在空气预热器13的上游通过如下方式来促进：提供放气管道200，以使得离开蒸汽发生器容器11的烟气FG被分成两股流FG4和FG5。第一流FG4被馈送到空气预热器13并且从空气预热器13排出，而第二流FG5则被排到管道200中。第二流FG5的体积可以通过阀装置(未示出)来控制，以实现离开空气预热器13的烟气混合物FG4的期望的第一温度T1。该第二流FG5在热交换器HX中被适当地冷却到温度T5，然后通过管道201被馈送到歧管202中，以与第一流FG4重新结合，从而重新产生在温度T1'下进入ESP14的烟气流FG。在一个实施例中，在图3、4和7的各实施例中被提及的温度T1和在图8的实施例中被提及的温度T1'是相同的或者接近相同。在图8中所示的实施例中，经过空气预热器13的空气A2的量是为了燃烧所需的体积P1，即与图3、4和7中所示的各实施例中所需的第一量A1是不同的，没有产生多余的空气部分P2。

[0158] 在图8所示的实施例中，并不采用多余空气P2来进行烟气再加热，而是空气流A3进入热交换器HX并且在热交换器HX中由第二烟气流FG5来加热。空气流A3离开热交换器HX并在温度T6下通过管道203被馈送到歧管204，通过该歧管，空气流作为烟气再加热空气被注入，以完成如图3、4和7中所示的实施例中描述的烟囱再加热。在一个实施例中，图8中所示的温度T6和在图3、4和7的实施例中被提及的温度T2是相同的或者接近相同。在一个实施例中，热交换器HX构造成使第二烟气流FG5通过换热管内部流过，而空气流A3则在管路外部直接经过(例如，直接热交换器)。在一个实施例中，热交换器HX构造成使空气流A3通过换热管

内部流过而烟气流FG5则在管路外部经过(例如,直接热交换器)。在一个实施例中,热交换器HX以已知的方式构造有流体热交换介质,该流体热交换介质将热量从烟气流FG5传递到空气流A2(即,间接热交换器)。

[0159] 如图8中所示,能采用可选的空气放气装置205,以使得空气流A3中的一些或全部可以类似于参照在例如图3、4和7中所示的实施例那样的多余预热空气的第三部分P3使用。空气放气装置205可避免采用空气流A3进行烟囱再加热,而是替代地采用空气放气装置205选择性地进行煤干燥和/或启动预加热应用,如文中描述的那样。

[0160] 申请人已经发现与采用传统的空气预热器结构相比,图8中所示的构造的预料不到的特征是空气预热器空气出口温度的降低与从烟气FG提取热量的组合,以例如用于烟囱再加热、预热和/或煤干燥目的。在图8的实施例中,这通过以如下方式将较少的烟气热量置于空气预热器13中来实现,即通过使第二烟气流FG5在空气预热器13的上游转向并且从该烟气流提取热量,以如期望选择性地用于烟囱再加热、预加热和/或煤干燥目的。与此相对,在图3、4和7中所示的实施例中,这通过将过量的空气置于空气预热器13中以使得第一量A1产生用于燃烧的空气和根据期望选择性地用于烟囱再加热、预加热和/或煤干燥目的的空气P2。在图9中所示的混合型实施例中,采用了两种方法的组合,即烟气(即,FG5)从空气预热器转向和过量的空气(即,A1)进入空气预热器13。

[0161] 在现有技术中,通过空气预热器从烟气提取的热量通过流经蒸汽发生器容器的燃烧空气被再引入到蒸汽发生器容器中。除了热传导的损失,通过空气预热器从烟气提取的全部热量都经由燃烧空气被再引入到蒸汽发生器容器。本发明的较佳实施例的一个特征在于在正常运行期间从烟气流FG提取的热量(在由空气预热器"产生的"多余空气中或者通过与在空气预热器的上游提取/转向的烟气相关的热交换器)没有被浪费。尽管不用于预热燃烧空气,但所有这种提取的热量被再引入到可以被称为整个蒸汽水循环中(不论是为了烟囱再加热和/或例如为了煤干燥)。

[0162] 尽管在所示的混合型实施例中第二多余空气部分P2和被转向的烟气FG5加热的空气流A3都全部或部分地用于再注入以进行烟囱再加热,但应理解到是预热器空气的第一量A1的体积与第二烟气流FG5的计量的组合促进空气预热器13所需的下游出口温度。这种计量可以适当地为选择性的,以在启动期间或者在不同的操作负载下适当地实现期望的结果,即与蒸汽发生器容器11的烟气FG出口温度相关。

[0163] 代替于图8和图9的实施例,多余空气部分P2中的一些或全部和/或被加热的空气流A3中的一些或全部可以不用于烟囱再加热,而是用于预热、启动预热和/或煤干燥应用。例如特别有利的是采用被加热的空气流A3来用于煤干燥应用。类似地,可能有利的是在启动或者低负荷条件期间避免流入烟气流FG或者将进入烟气流FG的流量减到最小。同样,可能有利的是在启动或低负荷条件期间将多余空气部分P2减到最少。

[0164] 尽管在图8和图9中所示的实施例中第二烟气流FG5紧接在空气预热器13的下游处与第一烟气流FG4再结合,应理解到在其它实施例中,这种再结合可以在更下游位置实现。替代地,该第二烟气流FG5可通向大气和/或与第一烟气流FG4分开进行处理。

[0165] 必要时,与用于调节经过空气预热器13的烟气FG的部分的那些设备无关地,微粒去除和/或其它污染控制设备可以用于适当地调节第二烟气流FG5。有利地,热交换器HX不允许气体从烟气流FG5泄漏到空气流A3。因此,在用于烟囱再加热、设备预热和/或煤干燥之

前，无需对空气流A3的类似调节。

[0166] 如前所述，本发明包括一种用于改造PCT专利申请PCT/US2017/13459的蒸汽发生器系统100、100'以改善有效度的方法。用于改造的方法包括：将空气供应源13D再配置到空气预热器13，以供应超出在蒸汽发生器容器11内燃料燃烧所需的第一量A1的空气，并且再配置空气供应源13D和空气预热器13中的至少一个，以使得以足以确立离开空气预热器13的烟气混合物FG的第一温度T1的质量流量来提供第一量A1的空气(具有本发明需要的必要特征)。应理解到本发明还包括一种使诸如PCT专利申请PCT/US2017/13459的100、100'的蒸汽发生器系统改造有与第二烟气流FG5相关联的、图8和9中所示的实施例的设备的方法。

[0167] 发明人通过多年的实验、分析和测试惊奇地发现最佳温度范围和用于本发明的蒸汽发生器系统10的运行的系统配置的组合，相比诸如100和100'等现有技术蒸汽发生器系统，本发明的蒸汽发生器系统10的运行改善蒸汽发生器系统的热效率，同时减少堵灰和可见烟囱烟羽的可能性。

[0168] 例如，本领域技术人员已尝试且未能成功地增加通过预热器13的气流以实现这样的量值，该量值超过蒸汽发生器容器11中的燃料燃烧所需的量，且同时足以确立离开具有105℃(220°F)或更低的温度的空气预热器13的烟气混合物FG的第一温度T1，同时在同一系统中采用以下所有具体设计特征：1)减轻在蒸汽发生器容器11中生成的烟气混合物中的SO_3，SO_3的减轻发生在烟气混合物FG进入空气预热器13之前；2)配置空气预热器13以将第一量A1的空气加热至288℃至399℃(550°F至750°F)的第二温度T2；3)供应第一量A1的空气的第一部分P1到蒸汽发生器容器11，以用于燃料的燃烧；4)将第一温度T1下的烟气混合物FG从空气预热器13直接排到微粒收集系统14，从而从烟气混合物FG中去除微粒并产生第一经处理的烟气混合物FG1；5)将第一经处理的烟气混合物FG1从微粒去除系统14直接排到烟气脱硫系统17，从而在烟气脱硫系统17中产生52℃至60℃(125°F至140°F)的第三温度T3下的第二经处理的烟气混合物FG2，并且从烟气脱硫系统17排出第二经处理的烟气混合物FG2；6)喷射处于第二温度T2下的第一量A1的空气的第二部分P2与处于第三温度T3下的第二经处理的烟气混合物FG2，从而在进入排放烟囱19之前在79℃至88℃(175°F至190°F)的第四温度T4下产生第三经处理的烟气混合物FG3；以及7)在第四温度T4下准许第三经处理的烟气混合物FG3进入排放烟囱19。相关领域中的技术人员应当理解，存在几乎无限数量的系统配置，所述系统配置可以通过改变离开空气预热器13的烟气的温度以及上面描述的若干其它设计特征来尝试。仅作为分析、实验和测试的结果，发明人已经克服有竞争力的设计特征并发现如本文所公开并要求保护的最佳组合的问题。

[0169] 一般而言，测试、实验和分析包括以下考虑：1)处于第二温度T2下的第一量A1的空气的第二部分P2与第二经处理的烟气混合物FG2的注入的混合效率；2)包括空气的第二部分P2上的量的蒸汽发生器系统中的不同位置处的飞灰浓度；3)将提供足够的热以证实GGH热交换器的去除的空气的第二部分P2的量的确定；4)通过蒸汽发生器系统10的压降；5)过量空气管道65中的热损失；6)对蒸汽发生器容器中的燃料燃烧的影响；7)对蒸汽发生器系统的热效率的影响；以及8)对FGD 17的效率和水供应要求。

[0170] 由于遇到的若干问题，本领域技术人员对于将离开空气预热器的烟气的温度降至105℃(220°F)或更低已失去信心。第一问题是在没有增量空气气流的情况下通常不会经济地实现该水平的烟气温度降低(即，将离开空气预热器的烟气的温度减至105℃(220°F)或

更低)。对可以从穿过正常的空气预热器的烟气回收的热量有实际限制。该限制基于最大可能的热传递确立,qmax＝(m*c)min*(Tgi-Tai),其中Tgi是进入空气预热器的烟气的温度,且Tai是进入空气预热器的空气的温度。数量(m*c)min是最小流体的质量流量和比热的乘积,且对于正常的空气预热器来说,最小流体是燃烧空气。随着空气的质量流增加,最大可能的热传递存在直接增加。本发明利用增量空气气流作为用于递增地降低烟气温度的装置的一部分。然而,在维持并改善蒸汽发生器效率中,也有必要维持或改善返回到蒸汽发生器的热量。这通过维持或改善空气预热器的有效性来实现,有效度＝实际热传递/最大可能的热传递。必须维持或改善至燃烧空气的实际热传递,且这通过以下方式来实现:a)消除冷空气蒸汽空气预热的使用;或b)使用或使用更多传热表面和/或更高效的传热表面。

[0171] 第二问题是电厂的对预热的气流没有显著的增量需求。本发明提供了可以用于烟囱气体再加热的预热空气的来源。

[0172] 第三问题是对于许多燃料,烟气温度的降低导致显著的空气预热器堵灰和/或腐蚀。如基于烟气的SO_3含量所需,本发明利用SO_3减轻来将SO_3含量减少至小于或等于进入空气预热器的约5ppmv。这已被证明从而防止远低于原烟气的露点的、降低的烟气温度下的堵灰和腐蚀。

[0173] 第四问题是由于接近水露点的温度下的氢卤酸的冷凝,没有用于对最小冷端元件温度充分控制的装置的电厂已经经历严重腐蚀。在一个实施例中,本发明采用烟气湿度传感器确定烟气的水含量,其可用于计算水露点。临界氢卤酸(HCl、HF、HBr)的露点然后可使用文献中可用的露点关系式估计。红外线或其他传感器的使用可用于确定最小冷端元件温度,其可与临界露点比较。避免露点冷凝通过以下方式实现:a)使用用于预加热冷的进入空气的蒸汽盘管;或2)减少用于烟囱气体再加热的预热空气的量。

[0174] 在本发明的另一实施例(未示出)中,第一量A1的空气的第二部分P2没有用作或仅部分地用作烟气再加热空气,而是专有地或主要地用作在运行期间进给到煤干燥机的预热空气以及在起动期间选择性地进给到相关联的蒸汽发生器容器11和/或微粒去除系统14上游的的预热空气。使用过量空气用于煤干燥有效地减少进给到蒸汽发生器容器11的煤中的水分,从而减少在变成烟气中的过量蒸汽之后可以预期的热损失。应当理解,该水分减少也可减少起动时下游设备中冷凝的发生率。在现代燃煤锅炉中,在起动期间有必要利用作为通过燃烧喷枪进给的起动燃料的油或天然气点燃蒸汽发生器容器11,直到如蒸汽发生器容器11充分加热以维持由燃烧从煤燃烧器进给的底煤形成的涡旋火焰这样的时间。可以相信,起动过快会例如导致对管焊缝的不必要的热冲击以及蒸汽发生器容器内的间接损害。起动过慢将导致油和气体的不必要的使用以及使蒸汽发生系统升到全操作负荷时不希望的延迟。在不增加热冲击的情况下可减少起动时间的任何方式应该导致有益于工厂操作者的操作和成本益处。利用除正常的预热燃烧空气之外的该实施例的预热空气应该在起动期间在相比油或气体火焰的温度的适度低的温度下让更多的预热有效地回到蒸汽发生容器13中。在没有更大量地燃烧起动燃料以供应等效的、额外的预热的额外的热冲击的情况下,这可准许较快的起动。应当明白,在该另一实施例中,对蒸汽发生器系统的操作不取决于FGD的存在或提高烟气温度和/或操作干烟囱,如其它所述实施例中不同要求的那样。

[0175] 如图10所示,在废水干燥系统77中使用所述第一热量,所述废水干燥系统77与蒸汽发生器系统10连通。废水干燥系统77包括废水储罐77T,其经由管道77W1或经由管道77K

与烟气脱硫系统17流体连通，所述管道77W1或管道77K从蒸汽发生器系统中的其他废水系统供给废水。废水干燥系统77包括喷洒干燥容器77D，其位于废水储罐77T的下游且经由管道77W2和77W3与其流体连通。在管道77W2与77W3之间提供泵77P，将废水传输到喷洒干燥容器77D中。废水干燥容器77D具有水入口，其构造成具有喷头77N。喷洒干燥容器77D与空气预热器13经由管道77A流体连通，所述管道77A将加热过的空气传递到废水干燥容器77D。经加热的空气与喷洒进入废水干燥容器77D的废水混合并对其进行蒸发，从而产生干燥微粒废物，其经由排出管道77R传输离开废水干燥容器77D。排出管道77R将干燥微粒废物传输到位于微粒去除系统14上游的管60中，在其中进行收集。废水干燥容器77D还具有位于其底部圆锥形部分的微粒排出端口77Q，可任选地排出干燥微粒废物或者对废水干燥容器77D的内部进行清洁。废水干燥系统77具有减少或消除来自烟气脱硫系统17的液体流出物的量的作用，同时不对蒸汽发生器系统10的加热速率产生不利影响。

[0176] 如图11所示，在废水干燥系统77'中使用所述第一热量，所述废水干燥系统77'与蒸汽发生器系统10连通。废水干燥系统77'包括废水储罐77T'，其经由管道77W1'或经由管道77K'与烟气脱硫系统17'流体连通，所述管道77W1'或管道77K'从蒸汽发生器系统中的其他废水系统供给废水。废水干燥系统77'包括喷洒干燥容器77D'，其位于废水储罐77T'的下游且经由管道77W2'和77W3'与其流体连通。在管道77W2'与77W3'之间提供泵77P'，将废水传输到喷洒干燥容器77D'中。废水干燥容器77D'具有水入口，其构造成具有喷头77D'。喷洒干燥容器77D'与空气预热器13经由管道77F'流体连通，所述管道77F'将烟气FG5传递到废水干燥容器77D'。烟气FG5与喷洒进入废水干燥容器77D'的废水混合并对其进行蒸发，从而产生干燥微粒废物，其经由排出管道77R'传输离开废水干燥容器77D'。排出管道77R'将干燥微粒废物传输到位于微粒去除系统14上游的管60中，在其中进行收集。废水干燥容器77D'还具有位于其底部圆锥形部分的微粒排出端口77Q'，可任选地排出干燥微粒废物或者对废水干燥容器77D'的内部进行清洁。在一个实施方式中，烟气FG5经由管200流动通过热交换器HX并经由管201回到管60中。空气流A3流动通过热交换器HX，以及在管203中，经过加热的空气从其排出。任选地，将经加热的空气经由抽取管(bleed duct)205供给到废水干燥器容器77D'。废水干燥系统77'具有减少或消除来自烟气脱硫系统17的液体流出物的量的作用，同时不对蒸汽发生器系统10的加热速率产生不利影响。

[0177] 如图12所示，所述第一热量被用于改善蒸气发生器系统10的加热速率，例如，通过对供给到蒸气发生器容器11的进料水进行预热。热交换器51(例如，低温节约装置或者低压节约装置)位于空气预热器13与微粒去除系统14之间，并与它们流体连通。热交换器51具有布置在其中的管束(tube bundle)51T。烟气FG绕着管束51T的外侧流动。管束51T具有用于接收待加热的进料水或冷凝物的入口51A；以及用于从其排出进料水的出口51B。在排放进入(未示出的)蒸汽发生器容器11的水壁管之前，将经加热的进料水传递到其他进料水加热器。

[0178] 如图13所示，所述第一热量被用于改善蒸气发生器系统10的加热速率，例如，通过对供给到蒸气发生器容器11的进料水进行预热。热交换器51'与管63流体连通，所述管63将烟气FG5传递到热交换器51'。热交换器51'与管60经由管201流体连通。热交换器51'具有布置在其中的管束(tubebundle)51T'。烟气FG5绕着管束51T'的外侧流动。管束51T'具有用于接收待加热的进料水或冷凝物的入口51A'；以及用于从其排出进料水的出口51B'。在排放

进入(未示出的)蒸汽发生器容器11的水壁管之前,将经加热的进料水传递到其他进料水加热器。

[0179] 虽然图12和13显示将所述第一热量用于改善蒸汽发生器系统10的加热速率,例如通过对供给到蒸气发生器容器11的进料水进行预热,但是本发明不限于此,因为所述第一热量可用于其他装置,包括但不限于:冷凝物加热、减轻寄生负载(例如,空间和饮用水加热以及除了用于产生电力的蒸汽之外,用于驱动转动设备(例如,代替电力驱动马达的风扇)的涡流的蒸汽以及其他蒸汽或热负载)和蒸汽循环效率改进。

[0180] 如图14所示,将所述第一热量用于从灰浆料蒸发水,所述灰浆料从湿式灰去除系统29排出。湿式灰去除系统29包括收集罐29T,其通过管道29C和29D与微粒去除系统14的飞灰料斗14H流体连通。水供给29W经由管道29X和29B与收集罐29T流体连通,并且在其间具有泵29Y。蒸发器容器29V(例如,直接或壳以及管式热交换器)位于收集罐29D的下游,并且经由管道29E与其流体连通。蒸发器容器29V经由管道29F与灰池29P流体连通。将全部或者一部分的所述第一热量经由管道29A供给到蒸发器容器29V。管道29A从空气预热器13的空气侧的下游侧抽出(tap off)。来自空气预热器13的加热过的空气蒸发了位于蒸发器容器29V中的灰浆料所含的全部水或者一部分水,以降低传输到灰池29P的水量。

[0181] 如图15所示,将所述第一热量用于从灰浆料蒸发水,所述灰浆料从湿式灰去除系统29'排出。湿式灰去除系统29'包括收集罐29T',其通过管道29C'和29D'与微粒去除系统14'的飞灰料斗14H'流体连通。水供给29W'经由管道29X'和29B'与收集罐29T'流体连通,并且在其间具有泵29Y'。蒸发器容器HX(例如,直接或壳以及管式热交换器)位于收集罐29D'的下游,并且经由管道29E'与其流体连通。蒸发器容器HX经由管道29F'与灰池29P'流体连通。通过经由管200传递到蒸发器容器29D'的烟气FG5,将全部或者一部分的所述第一热量供给到蒸发器容器HX。管200从空气预热器13的烟气侧的上游的管63抽出(tap off)。来自空气预热器13的烟气FG5蒸发了位于蒸发器容器HX中的灰浆料所含的全部水或者一部分水,以降低传输到灰池29P'的水量。烟气FG5经由管201返回到空气预热器13的烟气侧的下游侧,进入管60中。会理解的是,对直接源自蒸气发生器11的灰浆料的处理可以类似于上文所述的源自湿式灰去除系统29的那样。

[0182] 虽然已经参考本发明的某些实施例公开并描述本发明,应该注意的是,可作出其他变化和修改,且意图是,下面的权利要求书覆盖在本发明的真实范围内的变化和修改。

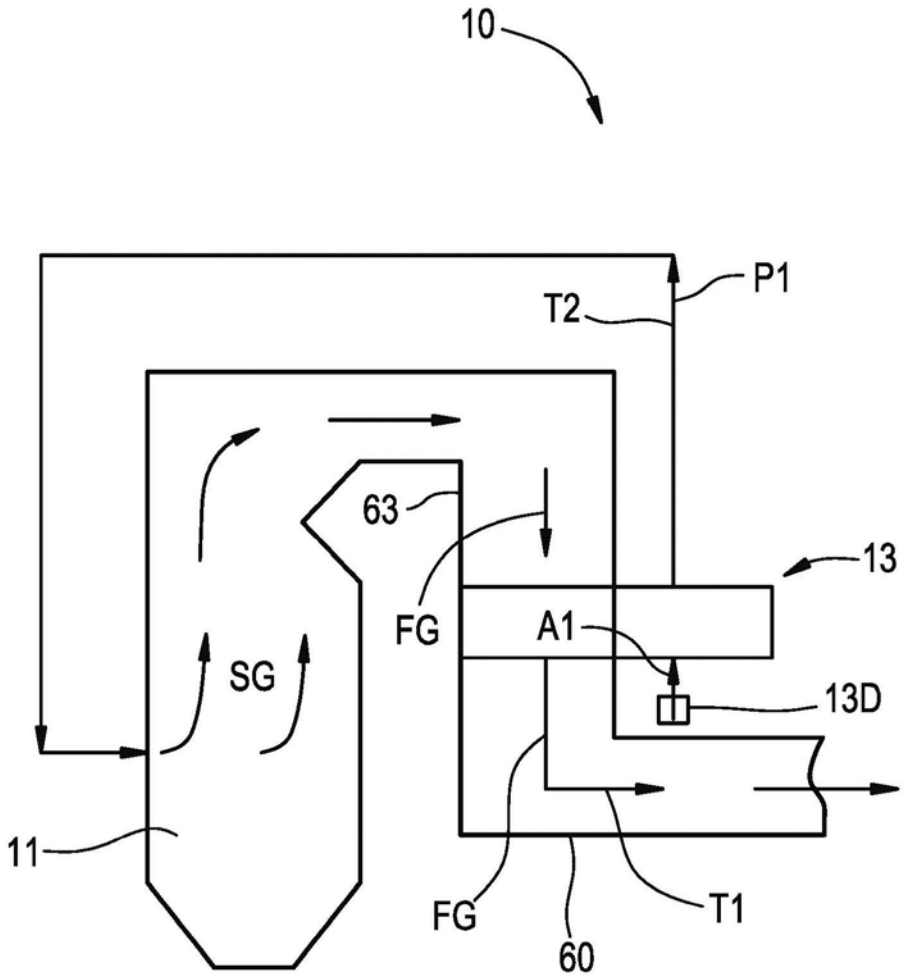


图1

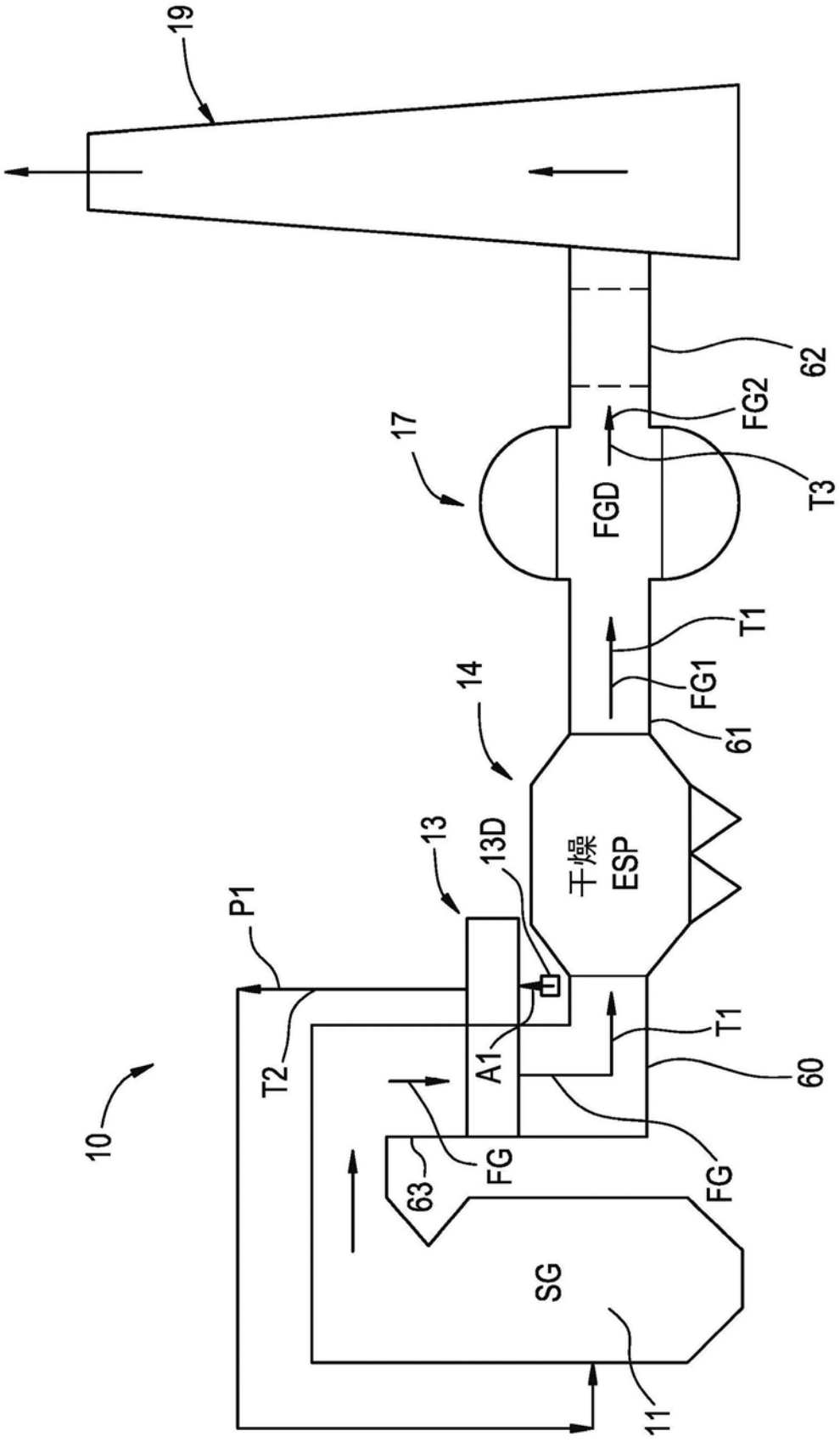

19
62
FG2
17
T3
FGD
T1
FG1
14
61
13
13D
干燥
ESP
P1
T2
A1
T1
60
10
63
FG
FG
SG
11

图2

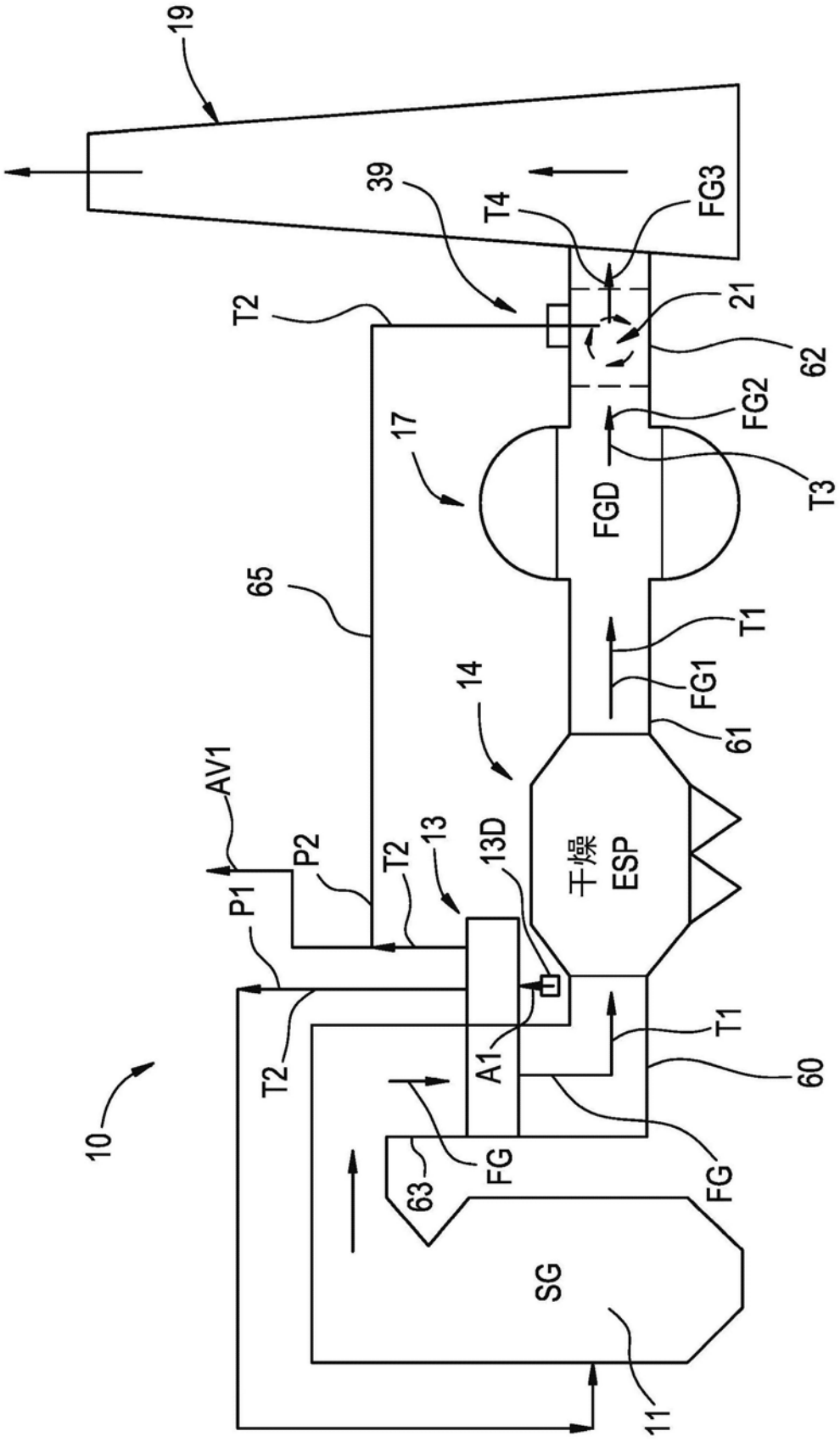

19
39
T4
FG3
T2
21
62
FG2
17
FGD
T3
65
T1
FG1
14
61
AV1
P2
T2
13
13D
干燥
ESP
P1
T2
A1
T1
60
10
63
FG
FG
SG
11

图3

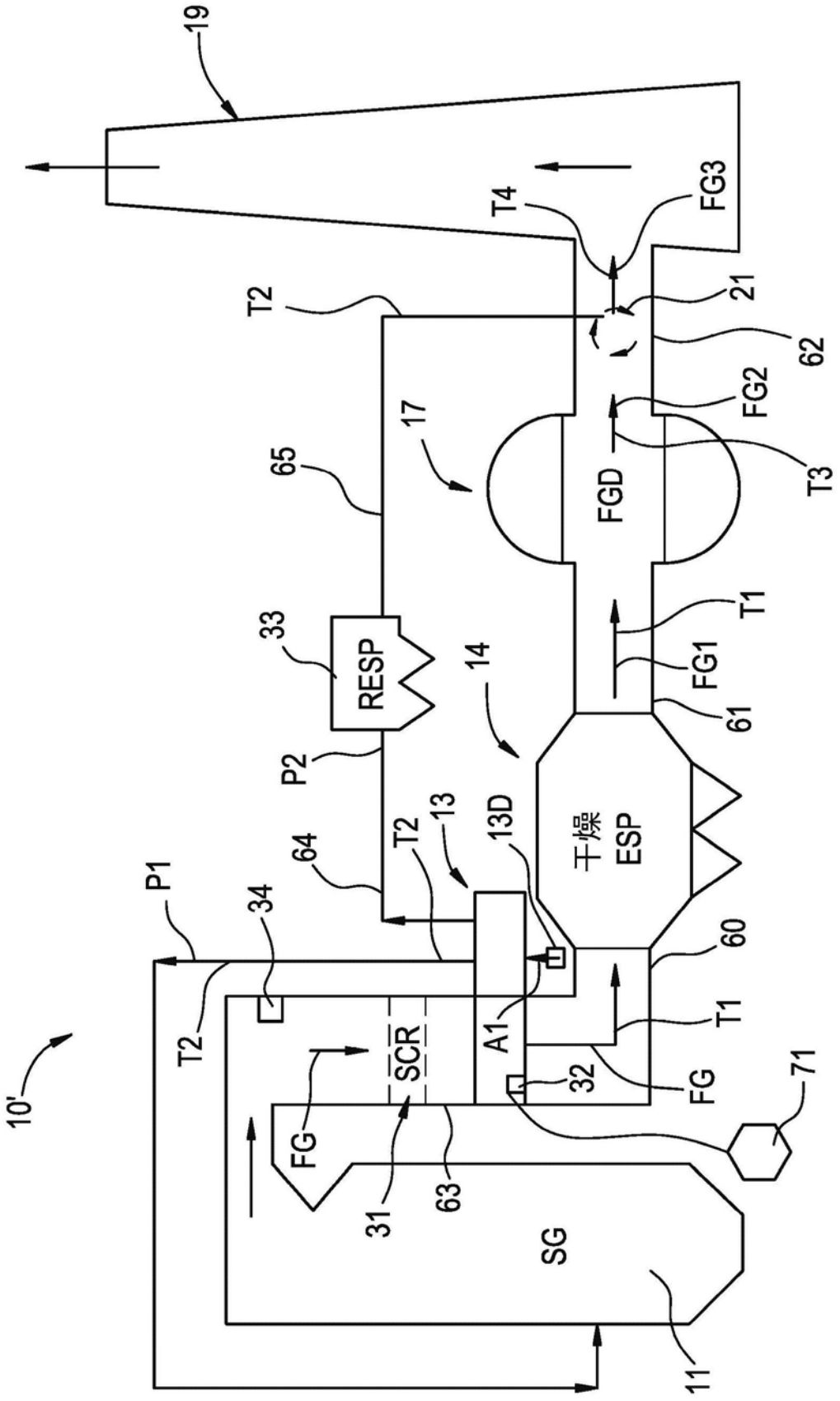

19
T4
FG3
T2
21
62
FG2
17
65
FGD
T3
T1
33
RESP
14
FG1
61
P2
T2
13
13D
干燥
ESP
64
P1
34
60
T2
A1
T1
SCR
32
FG
71
10'
FG
31
63
SG
11

图4

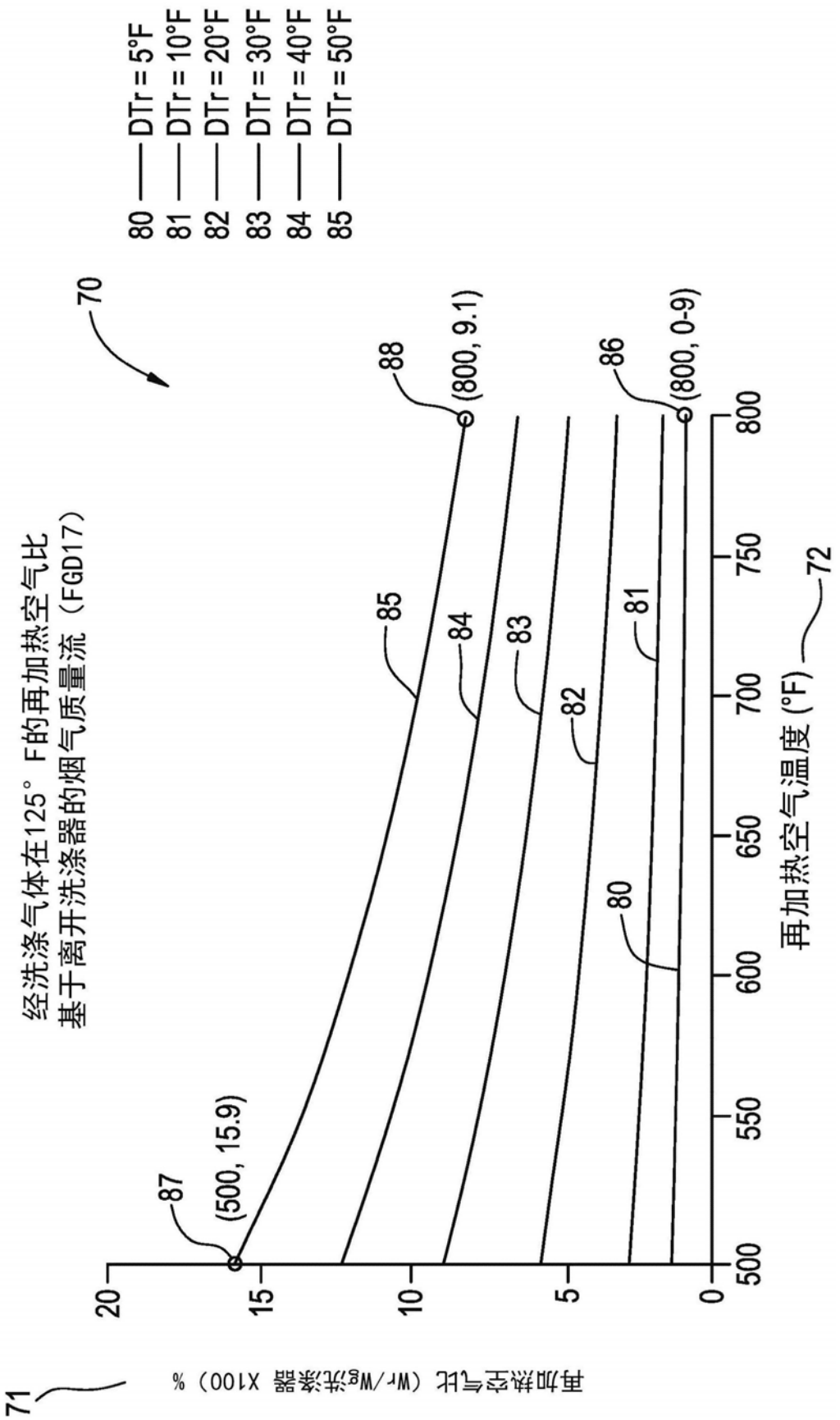

80 DTr = 5°F
81 DTr = 10°F
82 DTr = 20°F
83 DTr = 30°F
84 DTr = 40°F
85 DTr = 50°F
70
经洗涤气体在125°F的再加热空气比
基于离开洗涤器的烟气质量流（FGD17）
88
(800, 9.1)
86
(800, 0-9)
87
(500, 15.9)
85
84
83
82
81
80
20
15
10
5
0
500
550
600
650
700
750
800
再加热空气温度 (°F)
72
71
再加热空气比 (Wr/Wg洗涤器 X100) %

图5

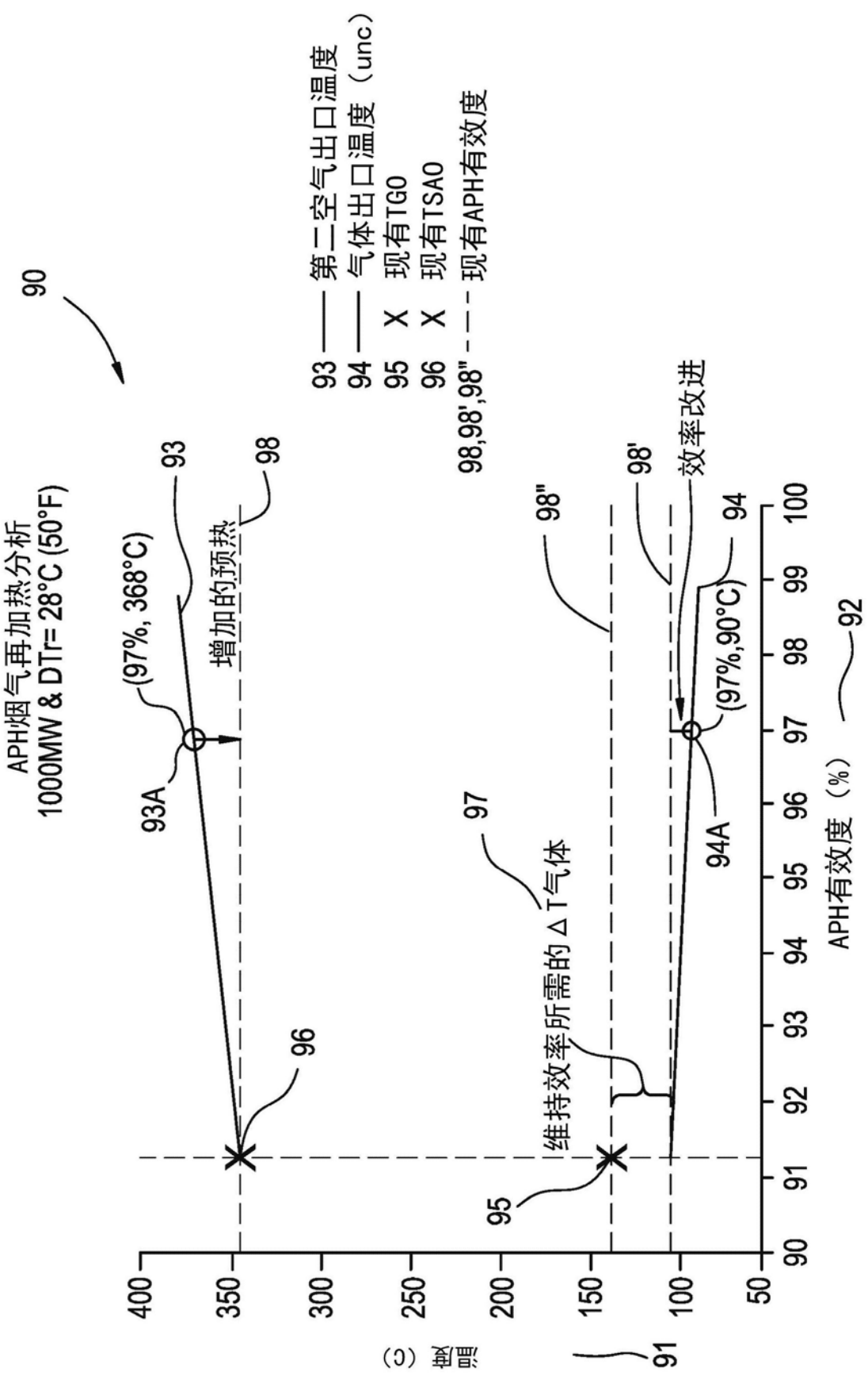

90
APH烟气再加热分析
1000MW & DTr= 28°C (50°F)
93 —— 第二空气出口温度
94 —— 气体出口温度（unc）
95 X 现有TG0
96 X 现有TSA0
98,98',98" - - - 现有APH有效度
(97%, 368°C)
93A
93
98
增加的预热
96
95
维持效率所需的ΔT气体
97
98"
98'
效率改进
94
(97%,90°C)
94A
温度（C）
91
APH有效度（%）
92
400
350
300
250
200
150
100
50
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

图6

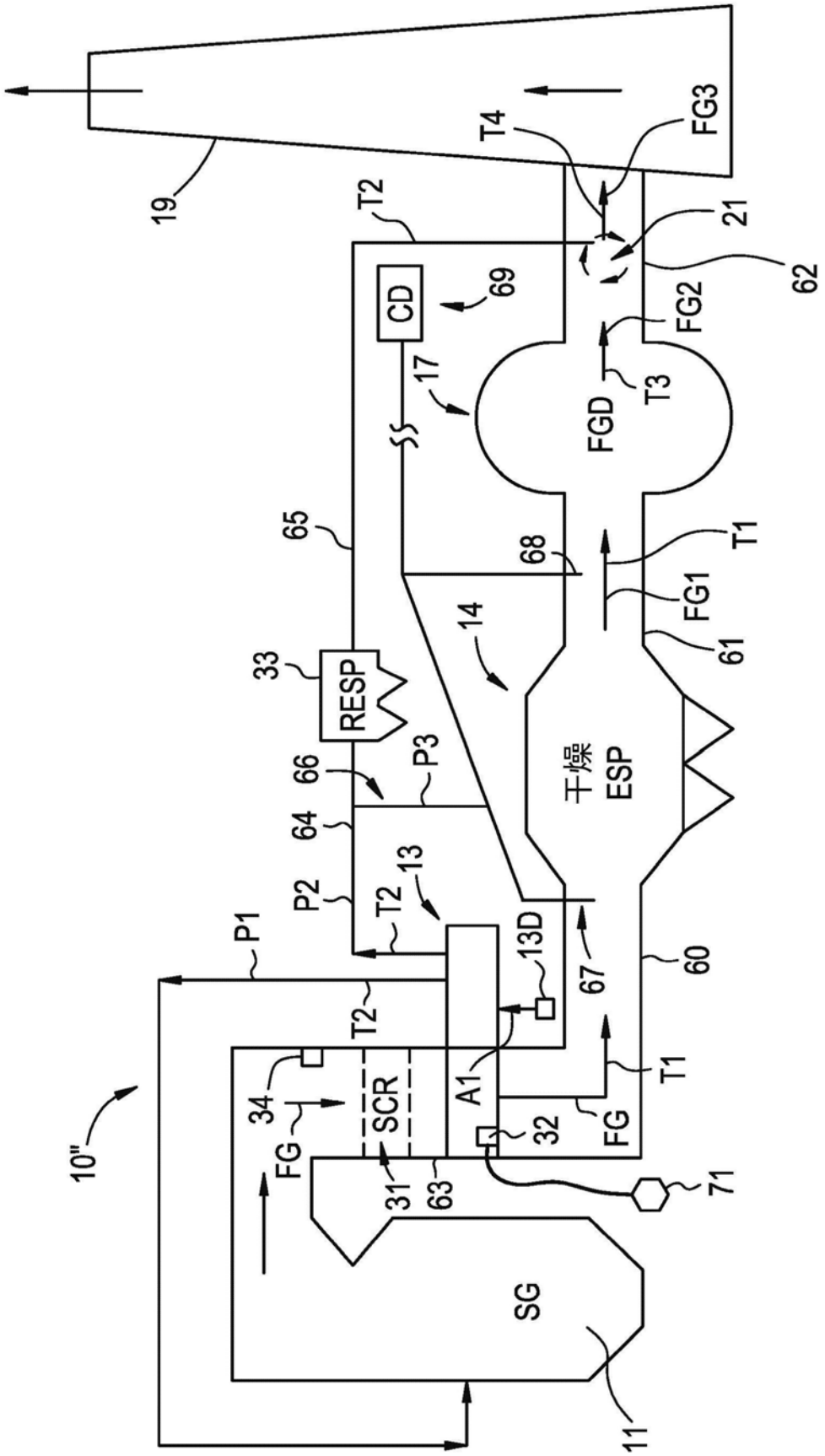

19
T4
FG3
T2
21
62
CD
69
FG2
17
FGD
T3
65
68
T1
FG1
61
14
33
RESP
干燥
ESP
66
P3
64
P2
T2
13
13D
67
60
P1
T2
T1
34
SCR
A1
32
FG
FG
31
63
71
10"
SG
11

图7

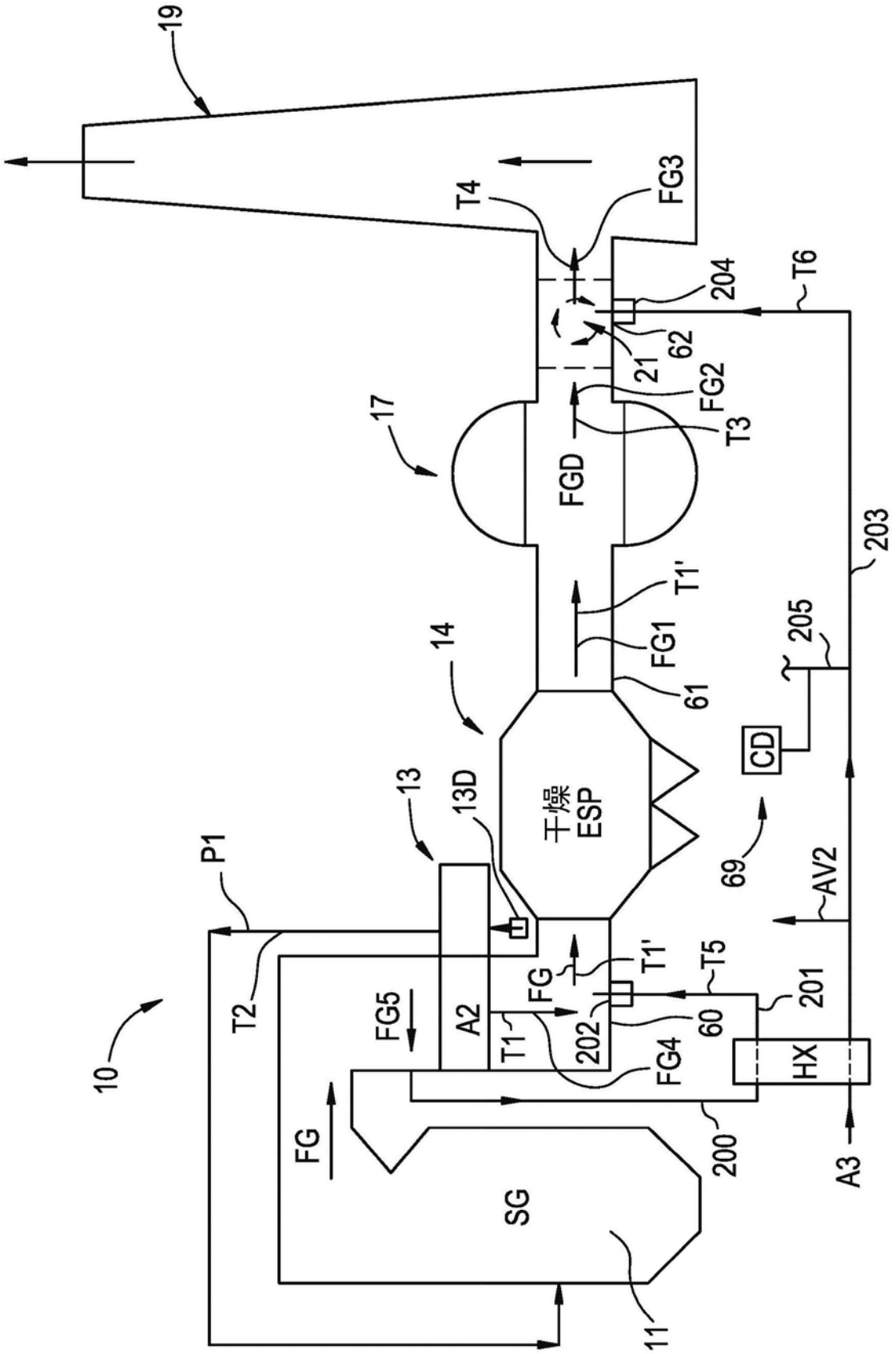

19
T4
FG3
204
T6
62
21
FG2
T3
17
FGD
203
T1'
FG1
14
205
61
CD
13
13D
干燥
ESP
69
AV2
P1
T2
FG
T1'
T5
201
FG5
A2
T1
202
60
HX
FG4
10
FG
200
A3
SG
11

图8

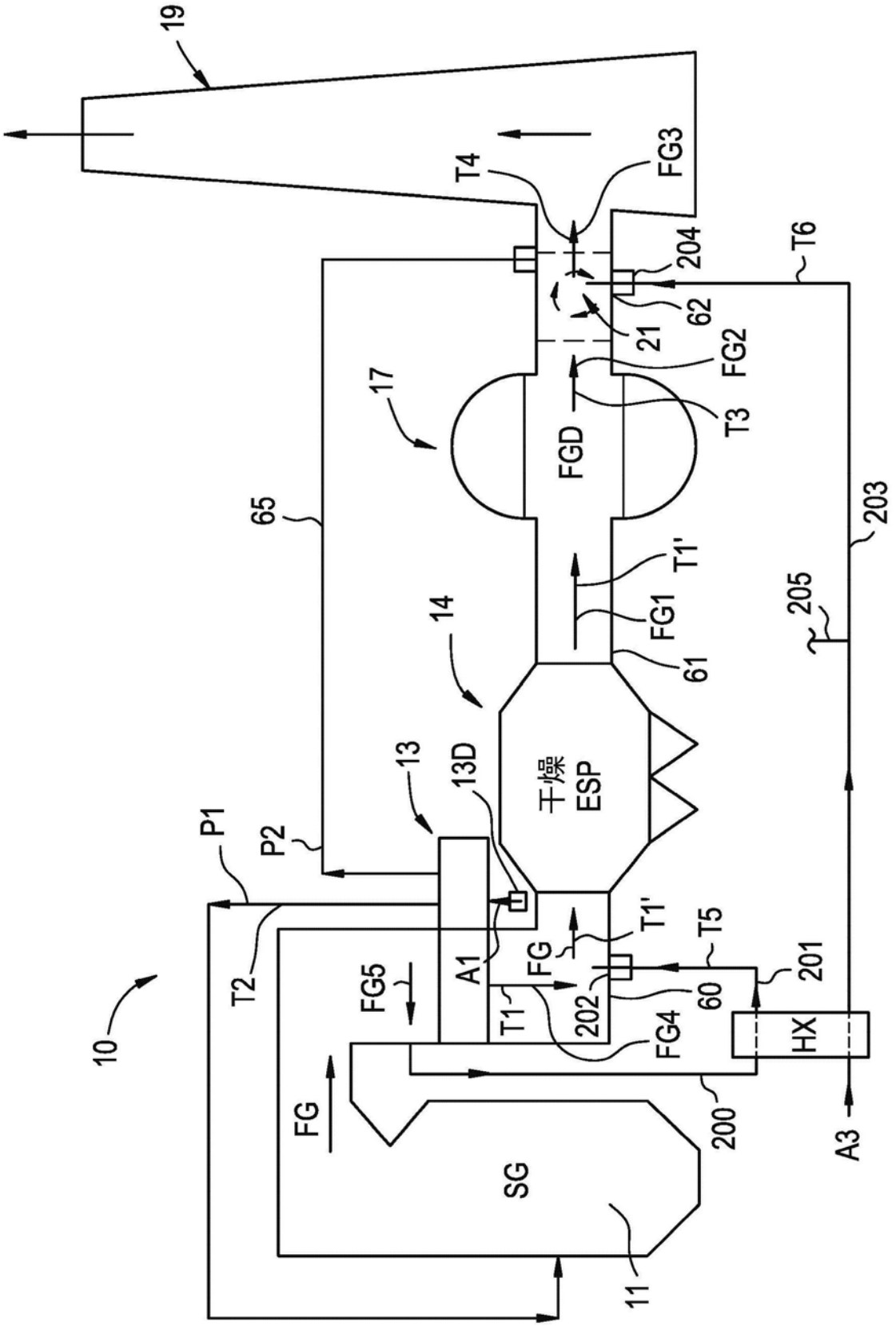

19
T4
FG3
204
T6
62
21
FG2
17
T3
FGD
65
203
T1'
FG1
205
14
61
13
13D
干燥
ESP
P1
P2
T2
A1
FG
T1'
T5
201
FG5
T1
202
60
HX
FG4
10
FG
200
A3
SG
11

图9

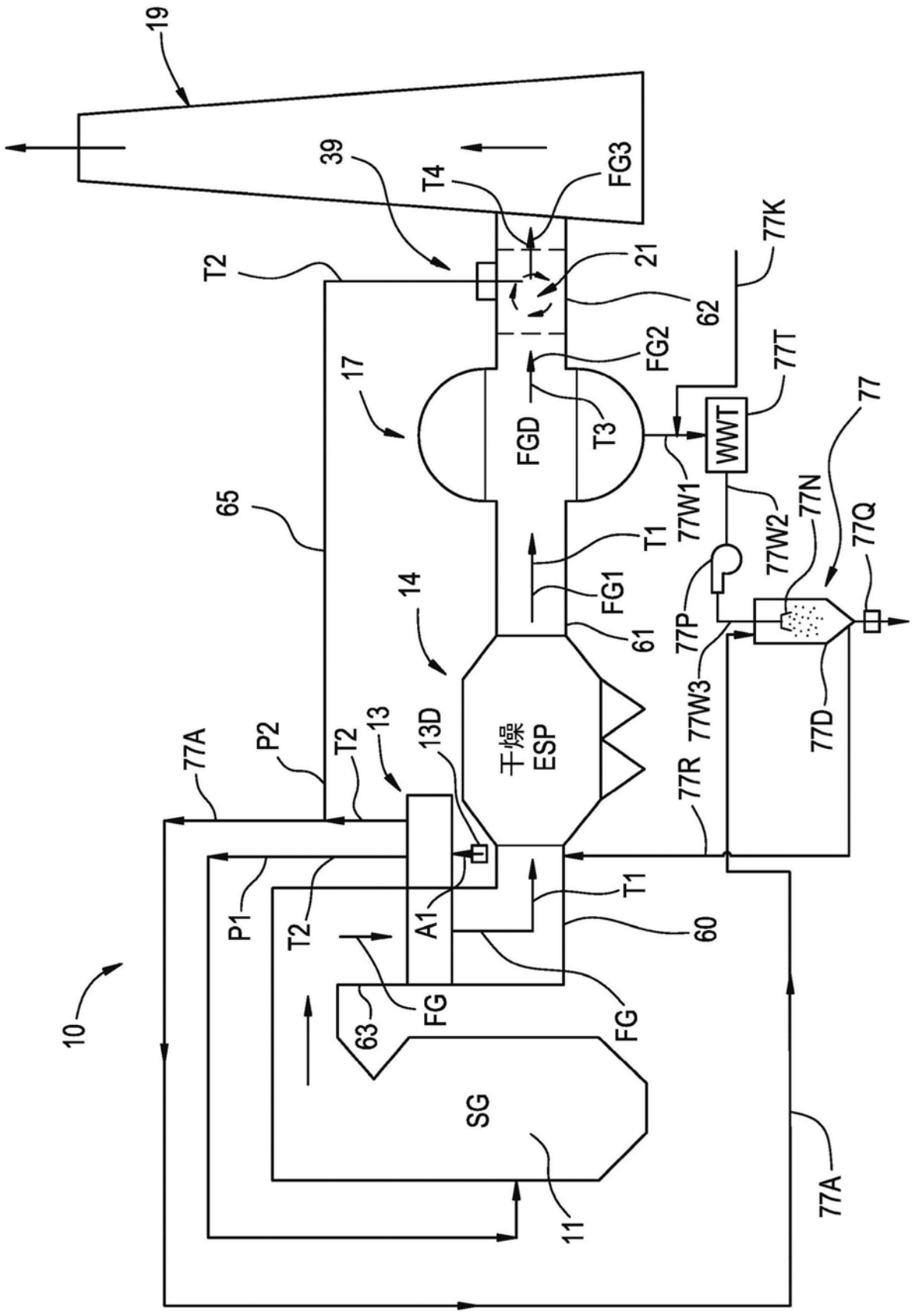

19
39
T4
FG3
T2
21
77K
62
FG2
77T
17
FGD
T3
WWT
77
77W1
77N
65
T1
77W2
77Q
FG1
14
77P
61
77W3
77D
77R
干燥
ESP
77A
P2
T2
13
13D
P1
T2
A1
T1
60
10
63
FG
FG
SG
11
77A

图10

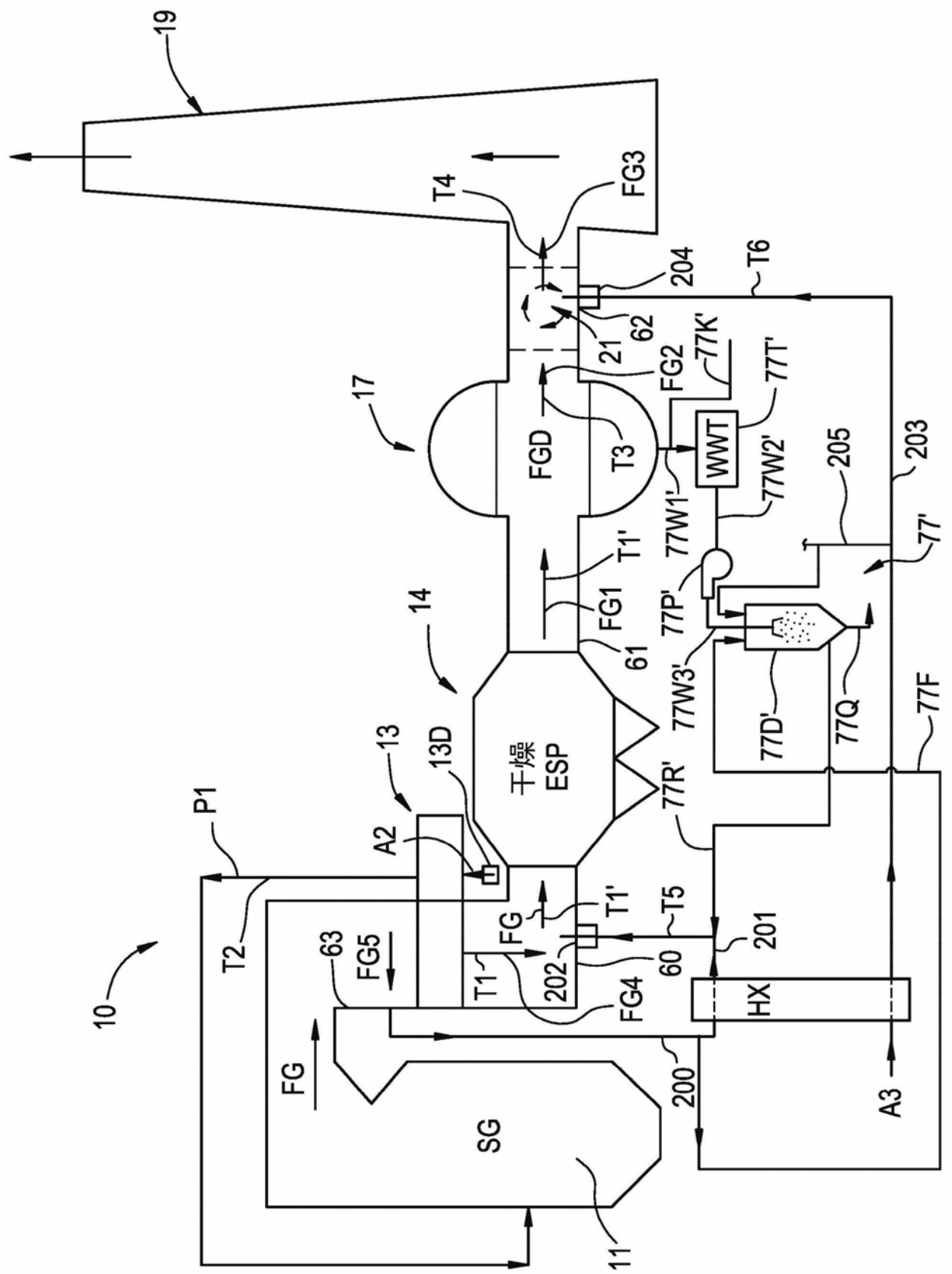

19
T4
FG3
204
T6
62
21
77K'
77T'
FG2
17
FGD
T3
WWT
77W2'
205
203
77W1'
T1'
77'
77P'
FG1
14
61
77W3'
77D'
77Q
77F
13
13D
干燥
ESP
77R'
P1
A2
T2
T1'
T5
FG
201
63
FG5
T1
202
60
HX
FG4
10
FG
200
A3
SG
11

图11

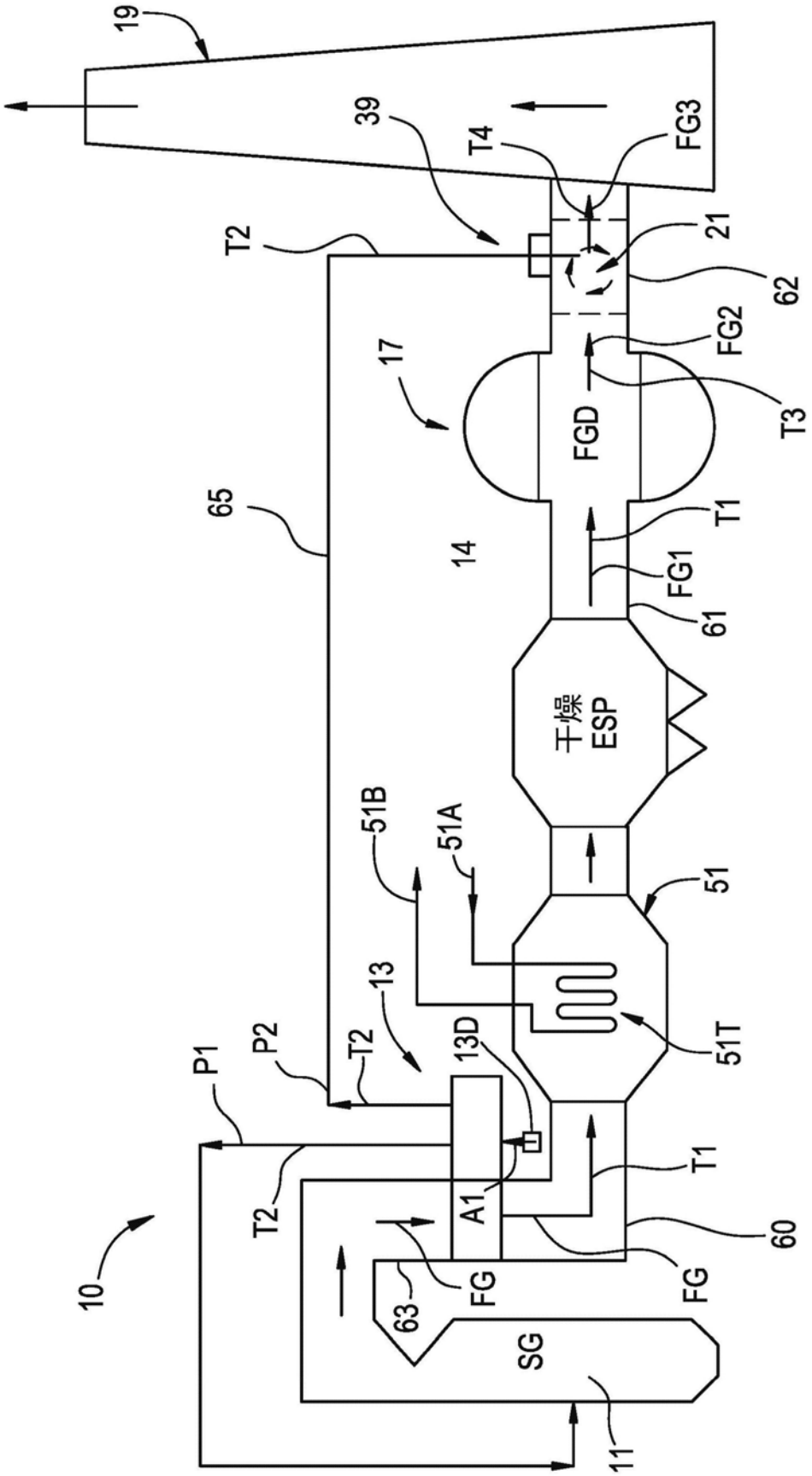

19
39
T4
FG3
T2
21
62
FG2
17
FGD
T3
65
T1
14
FG1
61
干燥
ESP
51B
51A
51
13
51T
P2
T2
13D
P1
T1
T2
A1
60
10
63
FG
FG
SG
11

图12

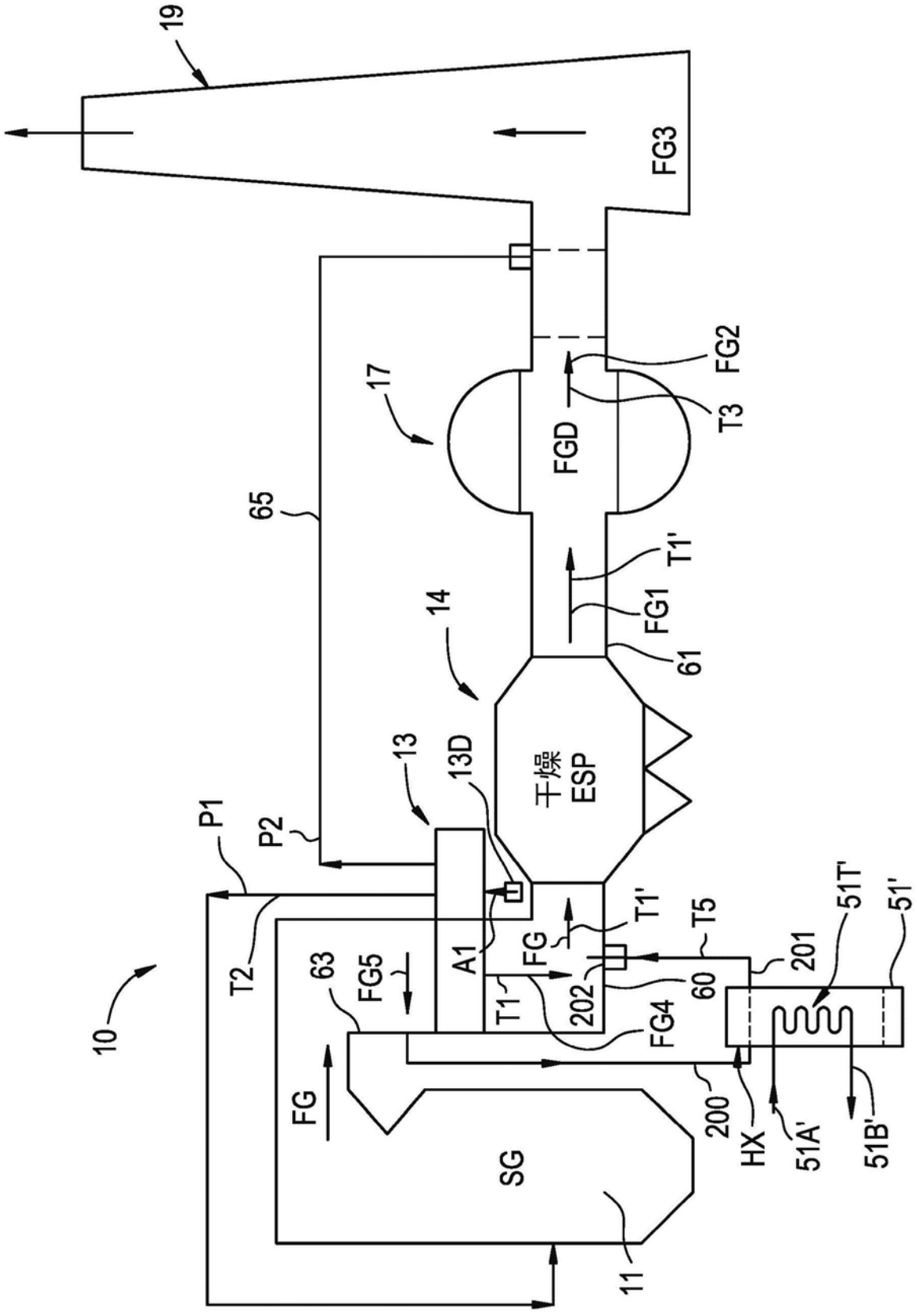

19
FG3
FG2
T3
17
FGD
65
T1'
FG1
14
61
干燥
ESP
13
13D
P1
P2
T2
T1'
T5
51T'
51'
201
63
FG5
A1
FG
T1
202
60
FG4
10
FG
SG
200
HX
51A'
51B'
11

图13

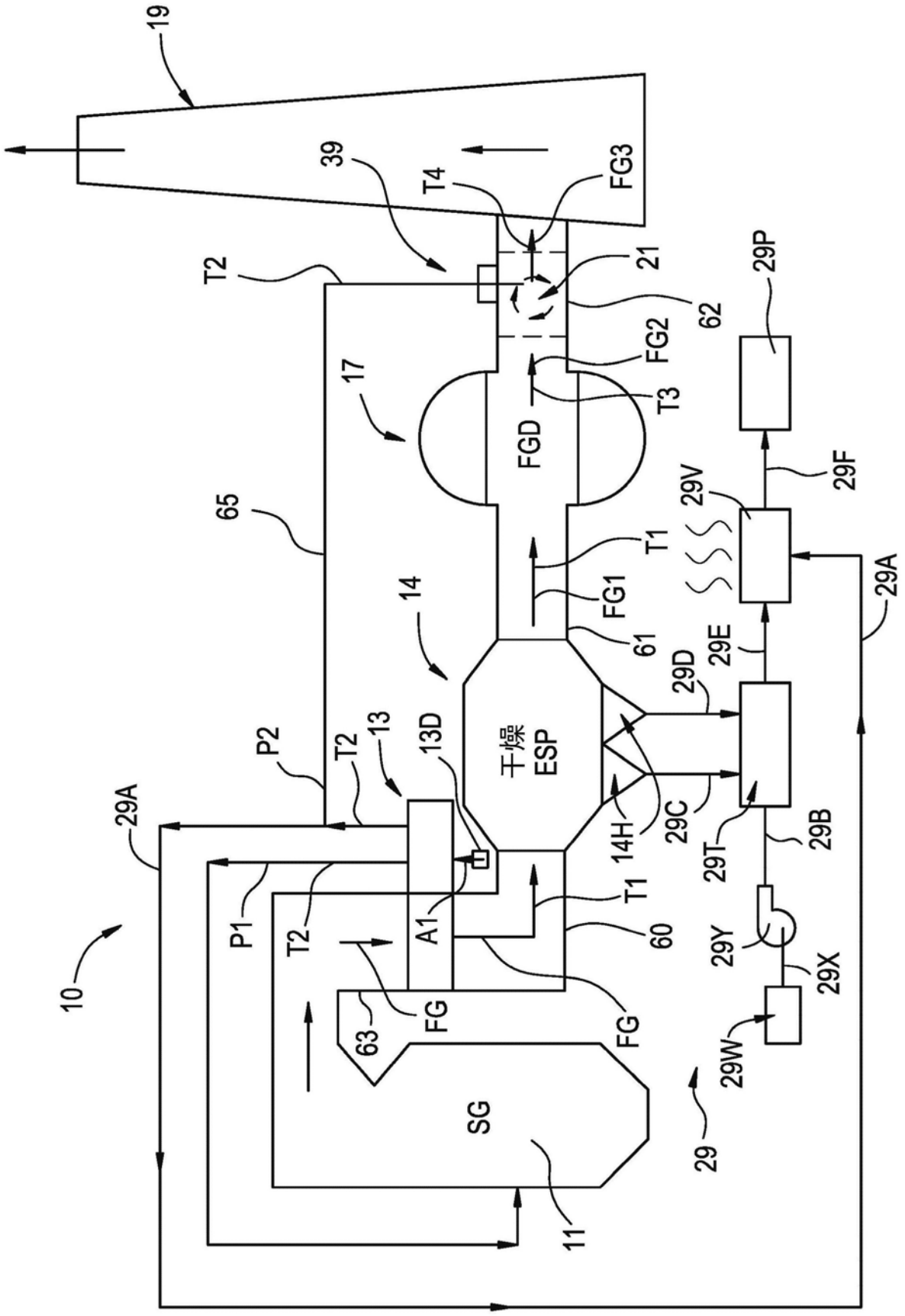

19
39
T4
FG3
T2
21
62
29P
FG2
T3
17
FGD
29F
29V
65
T1
FG1
29A
14
61
29E
29D
干燥
ESP
P2
T2
13
13D
29A
14H
29C
29T
29B
P1
T2
A1
T1
60
29Y
29X
10
63
FG
FG
29W
SG
29
11

图14

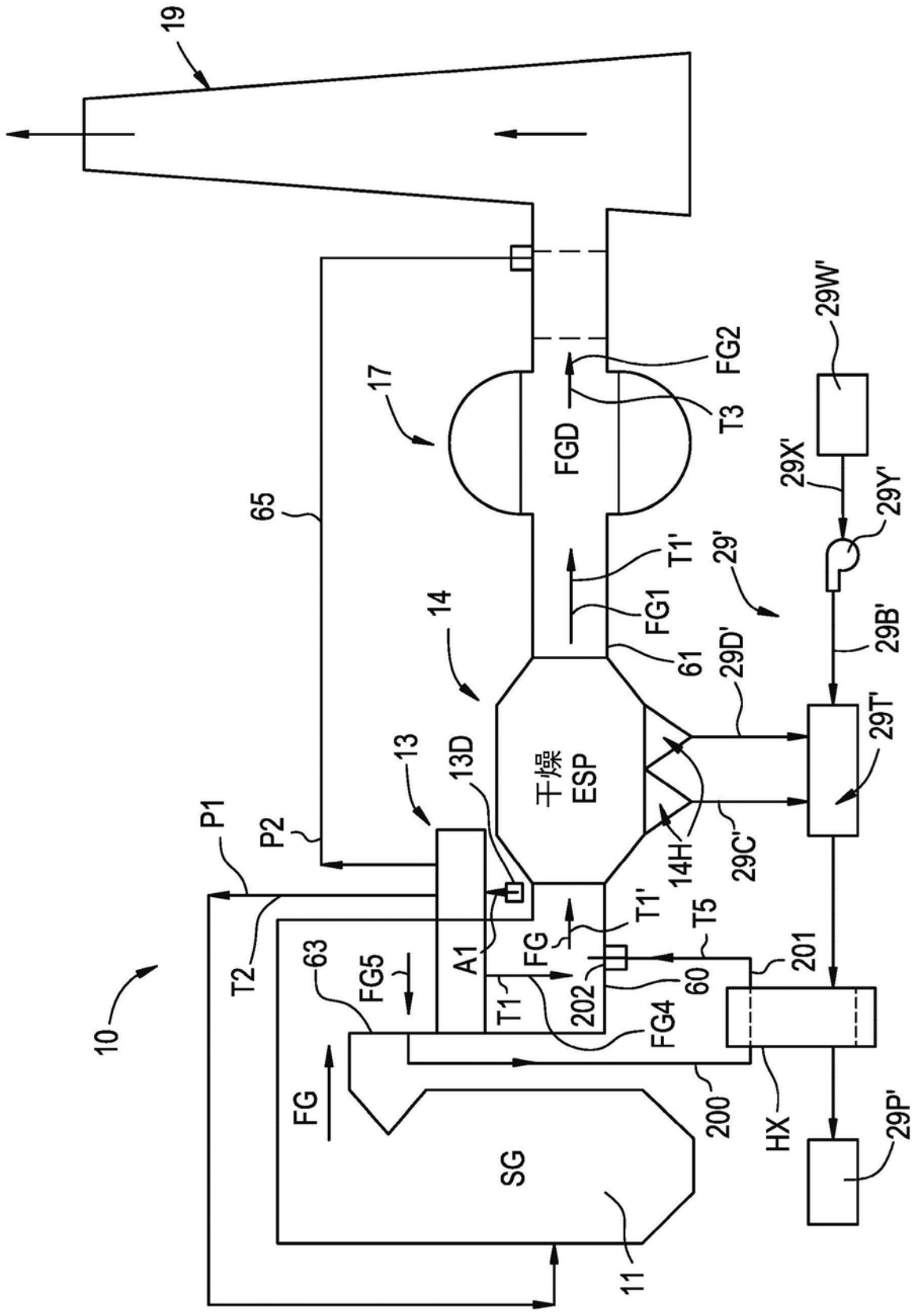

19
17
65
FGD
FG2
T3
29W'
29X'
29Y'
29'
T1'
FG1
14
61
29D'
29B'
29T'
13
13D
干燥
ESP
P1
P2
14H
29C'
T1'
T5
T2
63
FG5
A1
FG
60
201
T1
202
FG4
10
FG
200
HX
29P'
SG
11

图15