



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02811282.2

[43] 公开日 2004 年 9 月 1 日

[11] 公开号 CN 1526059A

[22] 申请日 2002.5.27 [21] 申请号 02811282.2

[30] 优先权

[32] 2001. 6. 8 [33] DE [31] 10127830.6

[86] 国际申请 PCT/DE2002/001936 2002.5.27

[87] 国际公布 WO2002/101292 德 2002.12.19

[85] 进入国家阶段日期 2003.12.4

[71] 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

[72] 发明人 乔基姆·弗兰克 鲁道夫·克拉尔

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 侯宇 陶凤波

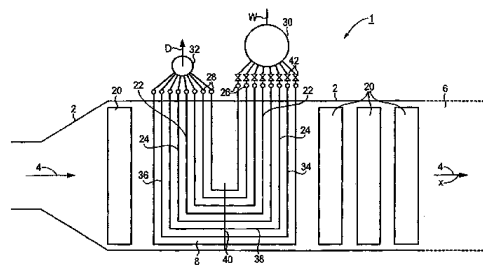
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 3 页

[54] 发明名称 蒸汽发生器

[57] 摘要

本发明涉及一种蒸汽发生器(1、1'、1''), 其中, 在可被热燃气沿一个接近水平的燃气方向(X)流过的燃气通道(6)中设有连续加热面(8、10、12), 它包括一些供一种流动介质(W)流过的并联的蒸汽发生器管(22、50、60), 以及它设计为, 使得与同一个连续加热面中的另一蒸汽发生器管(22、50、60)相比受到更多加热的一根蒸汽发生器管(22、50、60)具有一个与该另一蒸汽发生器管(22、50、60)相比更大的流动介质(W)流量。本发明的目的是生产低成本的蒸汽发生器以及即使处于不同的热负荷下也应有特别高的机械稳定性。为达到此目的, 按本发明这一根或每根蒸汽发生器管(22、50、60)分别包括一个近似垂直布置可被流动介质(W)沿向下的方向流过的下降管段(34、52、62、64)和一个沿流动介质流向连接在该下降管段下游的、近似垂直布置并可被流动介质(W)沿

向上的方向流过的上升管段(36、54、66、68)。



1. 一种蒸汽发生器(1、1'、1''), 其中, 在可被热燃气沿一个接近水平的燃气方向(X)流过的燃气通道(6)中设有连续加热面(8、10、12), 该连续加
5 热面包括一些供一种流动介质(W)流过的相互并联的蒸汽发生器管(22、50、60), 并且该连续加热面被设计为, 使得与同一个连续加热面的另一蒸汽发生器管(22、50、60)相比受到更多加热的一根蒸汽发生器管(22、50、60)具有一个与该另一蒸汽发生器管(22、50、60)相比更大的流动介质(W)流量, 其特征为: 一根或每根蒸汽发生器管(22、50、60)分别包括一个近似垂直布
10 置可被流动介质(W)沿向下的方向流过的下降管段(34、52、62、64)和一个沿流动介质的流动方向连接在该下降管段下游的、近似垂直布置并可被流动介质(W)沿向上的方向流过的上升管段(36、54、66、68)。

2. 按照权利要求 1 所述的蒸汽发生器(1、1'、1''), 其中, 各蒸汽发生器管(22、50、60)的下降管段(34、52、62、64)在燃气通道(6)内沿燃气的流
15 动方向(X)看设置在与之相配置的上升管段(36、54、66、68)的后面。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的蒸汽发生器(1、1'、1''), 其中, 一根或每根蒸汽发生器管(22、50、60)的下降管段(34、52、62、64)在流动介质侧通过一溢流段(38、70、72、74)和与之相配置的上升管段(36、54、66、68)连接。

20 4. 按照权利要求 3 所述的蒸汽发生器(1、1'、1''), 其中, 各溢流段(31、70、72、74)设在燃气通道(6)内部。

5. 按照权利要求 1 至 4 之一所述的蒸汽发生器(1、1'、1''), 其中, 一根或每根蒸汽发生器管(22、50、60)按分叉的设计方式分别包括多个沿流动介质的流动方向连接在一公共的下降管段(34、52、62、64)下游为流过流动
25 介质(W)互相并联的上升管段(36、54、66、68)。

6. 按照权利要求 1 至 5 之一所述的蒸汽发生器(1、1'、1''), 其中, 多根蒸汽发生器管(22、50、60)的上升管段和下降管段(36、54、66、68 和 34、52、62、64)在燃气通道(6)内以这样的方式彼此相对定位, 即, 为一个沿燃气方向(X)看处于比较远的后方的下降管段(34、52、62、64)配设一个沿燃
30 气方向(X)看处于比较远的前方的上升管段(36、54、66、68)。

7. 按照权利要求 1 至 6 之一所述的蒸汽发生器(1、1'、1''), 其中, 一

些蒸汽发生器管(22、50、60)分别包括多个沿流动介质流向交替串联的下降管段和上升管段(36、54、66、68和34、52、62、64)。

8. 按照权利要求1至7之一所述的蒸汽发生器(1、1'、1''), 其中, 沿流动介质的流向在一根或每根蒸汽发生器管(22、50、60)的下降管段(36、54、66、68)的上游, 在主分配器的连接管内, 各连接有一节流装置(42)。

9. 按照权利要求1至8之一所述的蒸汽发生器, 其中, 沿燃气的流动方向在该蒸汽发生器的上游连接有一燃气轮机。

蒸汽发生器

5 本发明涉及一种蒸汽发生器，其中，在可被热燃气沿一个接近水平的燃气方向流过的燃气通道中设有连续加热面，它包括一些为流过一种流动介质相互并联的蒸汽发生器管，该连续加热面设计为，使得与同一个连续加热面中的另一蒸汽发生器管相比受到更多加热的一根蒸汽发生器管具有一个与该另一蒸汽发生器管相比更大的流动介质流量。

10 在一种燃气和蒸汽轮机装置中，在从燃气轮机排出的经膨胀的工质或燃气内所含的热量，利用于生产用于汽轮机的蒸汽。热的传递在一个连接在燃气轮机下游的废热蒸汽发生器内进行，在废热蒸汽发生器内通常设一些加热面，用于水预热、生产蒸汽和蒸汽过热。加热面连接在汽轮机的水汽循环内。水汽循环通常包括多个，例如三个压力级，其中每个压力级可以有一个汽化加热面。

对于沿燃气流动方向连接在燃气轮机下游作为废热蒸汽发生器的蒸汽发生器可考虑多种供选用的设计方案，亦即设计为连续式蒸汽发生器或设计为循环式蒸汽发生器。在连续式蒸汽发生器内，规定作为汽化管的蒸汽发生器管的加热，导致流动介质在蒸汽发生器管内一次流过时汽化。与之相反，在自然或强制循环蒸汽发生器中，循环流动的水在流过汽化管时只部分汽化。此时未汽化的水在分离已产生的蒸汽后为了进一步汽化重新供入同一些汽化管。

连续式蒸汽发生器与自然或强制循环蒸汽发生器不同，它不遭受压力限制，所以新蒸汽压力可能远大于水的临界压力($P_{\text{kti}} \approx 221\text{bar}$)，在临界压力时，在类似液体与类似蒸汽的介质之间只有很小的密度差。高的新蒸汽压力有利于燃烧矿物燃料来加热的发电厂达到高的热效率并因而低的 CO_2 排放。此外，连续式蒸汽发生器与循环式蒸汽发生器相比结构简单并因而可用特别低的成本生产。按连续原理设计的蒸汽发生器用作燃气和蒸汽轮机装置的废热蒸汽发生器，因而特别有利于在结构简单的同时达到燃气和蒸汽轮机装置高的总效率。

按平卧式结构设计的废热蒸汽发生器在生产费用以及在所需的维修保

养工作方面有突出的优点，其中用于加热的介质或燃气，亦即燃气轮机的废气，沿近似水平的流动方向通过蒸汽发生器流动。然而和平卧式结构的连续式蒸汽发生器中，一个加热面的一些蒸汽发生器管可根据它们的定位受到强度不同的加热。尤其在出口侧与一公共收集器连接的蒸汽发生器管中，各蒸汽发生器管不同的加热会导致具有彼此差别很大的蒸汽参数的蒸汽流的聚合，并因而导致所涉及的加热面比较低的效率和由此减少产汽。此外，相邻蒸汽发生器管受到不同的加热，尤其在收集器入口区，会导致损坏蒸汽发生器管或收集器。因此，原本期望用作燃气轮机的废热蒸汽发生器的按平卧式结构设计的连续式蒸汽发生器，可能在足够稳定地流动导引方面带来严重的问题。

由 EP 0944801B1 已知一种蒸汽发生器，它适用于按平卧式结构设计，以及有提及的连续式蒸汽发生器的优点。此已知的蒸汽发生器的连续加热面设计为，使一根与同一连续加热面的另一根蒸汽发生器管相比受到更多加热的蒸汽发生器管，具有与该另一根蒸汽发生器管相比更大的流动介质流量。因此，该已知的蒸汽发生器的连续加热面在各蒸汽发生器管受到不同加热时，按自然循环汽化加热面的流动特征(自然循环特征)呈现出一种自动稳定特性，这种特性在无需施加外部影响的情况下，即使沿流动介质流向相互并联的蒸汽发生器管受到不同加热时也导致出口侧的温度均衡。当然，该已知的蒸汽发生器在结构方面，尤其在水侧和/或蒸汽侧流动介质分配方面比较复杂。此外，相邻蒸汽发生器管之间可能出现不良的膨胀差，这些膨胀差会导致不允许的热应力，并因而损坏蒸汽发生器管和收集器。

因此本发明的目的是提供一种上述类型的蒸汽发生器，它能用特别低的费用生产，以及即使热负荷不同也有特别高的机械稳定性。

按本发明为达到此目的采取的措施是，一根或每一根蒸汽发生器管分别包括一个近似垂直布置可被流动介质沿向下的方向流过的下降管段和一个沿流动介质流向连接在该下降管段下游的、近似垂直布置并可被流动介质沿向上的方向流过的上升管段。

本发明以下列考虑为出发点：在一种可用特别低的装配和制造费用生产的蒸汽发生器中，为了有特别稳定和面对不同热负荷特别不敏感的工作特性，对在已知的蒸汽发生器中所采用的有关连续加热面的自然循环特性的设计原理作进一步发展及进一步改进。在这里，连续加热面应针对被施

加比较低的质量流量密度和具有比较低的摩擦压力损失来设计。

为了支持在这种设计中有效的直通式自然循环特征，将所述连续加热面的蒸汽发生器管分成至少两个部分(平行的管)，其中第一部分包括全部下降管段且其中有流动介质沿向下的方向流过。相应地，第二部分包括所有上升管段且其中有流动介质沿向上的方向流过。因此，在第一部分的下降管段中的高度压力（亦即基本上是水柱的重量）势能沿所规定的通流方向发挥作用，并基于沿流动路径对压力变化的正面贡献（亦即压力收益）而有助于流动介质通流。仅仅在第二部分或上升管段中高度压力势能逆规定的流动方向作用并因而造成一种压力损失。但总体上说，这两个高度压力的作用几乎可以抵消；甚至可以设想，在第一部分或下降管段内促进流动的高度压力势能，超过在第二部分或上升管段内阻碍流动的高度压力势能，所以如在自然循环系统中那样，总体上存在一种维持流动或有利于流动的压力势能。

比较适宜的是，每根蒸汽发生器管的下降管段在燃气通道内沿燃气方向看在于与之相配属的上升管段的后面。换句话说：蒸汽发生器管在燃气通道内空间上定位为，使沿流动介质流向看的第一部分或下降管段，沿燃气流向设在沿流动介质流向看的第二部分或上升管段的下游。因此在这样一种布局中，每个上升管段与同一蒸汽发生器管中的配属于它的下降管段相比受到燃气更加强烈的加热。由此在上升管段内流动介质蒸汽的相对份额，明显地超过在下降管段内流动介质蒸汽的相对份额，所以基本上由各管段内水-汽柱的重量给定的高度压力势能，在下降管段内明显地大于与之配属的上升管段内的高度压力势能。

为了能一方面使连续加热面的结构特别简单和另一方面即使在热负荷不同时仍能达到连续加热面特别低的机械负荷，按另一项或可替换的有利设计，一根或每根蒸汽发生器管的下降管段在流动介质侧通过一溢流段与配属于它的上升管段连接。因此在这种设计中，各蒸汽发生器管基本上呈U形，其中，U形的两侧边分别由上升管段和下降管段构成，而其连接弧段则由连接它们的溢流段构成。

这种布局特别适用于在热负荷改变时补偿膨胀；也就是说，在这里连接下降管段和上升管段的溢流段起膨胀弧的作用，它可以无疑问地补偿上升管段和/或下降管段的相对长度改变。因此，通过此溢流段形成在由下降

管段构成的第一汽化级下部区内蒸汽发生器管的转向和直接进一步导引以及在由上升管段构成的第二汽化级下部区内的重新转向。

- 溢流段有利地铺设在燃气通道内部。但作为替换方式，尤其在出自于连续加热面可能需要排水的原因应在溢流段上连接一排水收集器时，溢流段也可以在燃气通道外部延伸。

- 在蒸汽发生器管下降管段内促进流动的压力势能特别大量地超出在配属的上升管段内阻碍流动的压力势能的情况下，由此造成的流动介质从下降管段流出到上升管段内，可能超过流动介质在下降管段内进口侧的流入。因此这一或每一根蒸汽发生器管有利地在其总的压力平衡方面设计为，使在下
- 10 在下降管段内出现的促进流动的总的压力势能仅限于在上升管段内出现的阻碍流动的压力势能。

- 为此，蒸汽发生器的一根或每根蒸汽发生器管的下降管段有利地针对流动的流动介质足够高的摩擦压力损失设计。这例如可以通过恰当地确定各管段的尺寸尤其横截面进行。比较有利的是，在这里一根或每根蒸汽发生器管也可按分叉的方式分别包括多个沿流动介质流向连接在一公共的下
- 15 降管段下游为流过流动介质互相并联的上升管段。按替换方式或另一种有利的设计，沿流动介质的流向在这一根或每一根蒸汽发生器管的下降管段的上游，分别连接一个节流装置，通过它尤其可以分别调整供给各下降管段的流量。

- 蒸汽发生器管可以在燃气通道内部组合成一些管列，其中每个管列分别包括一些垂直于燃气方向并列的蒸汽发生器管。在这种设计中，蒸汽发生器管有利地按这样的方向导引，即，为构成受到最强烈加热的管列的上升管段，亦即为沿燃气方向看的第一管列，配设受到最少加热的或沿燃气方向看最后的那个下降管段管列。为此，多根蒸汽发生器管的上升管段和
- 20 下降管段可相宜地在燃气通道内彼此按这样的方式相对定位，即，为一个沿燃气方向看处于比较远的后方的下降管段，配设一个沿燃气方向看处于比较远的前方的上升管段。通过这种基本上相当于多根 U 形蒸汽发生器管互相嵌套的空间布局，受到比较强烈加热的上升管段供入从预热差的下降管段流出的流动介质。

- 因此，正好在受到比较强烈加热的上升管段中，促进流动的总的高度压力势能通过分别连接在上游的下降管段变得特别大，所以自动实现特别
- 30

强烈的附加供入来自于配属的下降管段的流动介质。这种来自于配属的下降管段的自动的附加供给，在这种情况下因而特别符合需要地正好用于受到强烈加热的管，从而以特别强烈的程度增强期望的自然循环特征。

- 5 为了在每根蒸汽发生器管内提供促进流动的高度压力势能，各蒸汽发生器管可设计为仅包括一个下降管段和仅包括一个沿流动介质流向连接在其下游的上升管段。为了在流过蒸汽发生器管的流动介质吸热容量与流过燃气通道的燃气温度剖面相匹配时具有特别高度的灵活性，一些蒸汽发生器管分别包括多个沿流动介质流向交替串联的下降管段和上升管段。这些蒸汽发生器管的每一根沿流动介质的流动方向看首先有一个第一下降管段，在优选地通过一溢流段恰当转向后，在该第一下降管段上连接第一个设计用于沿向上方向流过流动介质的上升管段。在它下游优选地同样通过设在燃气通道内部的一溢流段经适当转向后连接第二个设计用于沿向下方向流过流动介质的下降管段。之后，在此第二个下降管段上重新连接一第二上升管段。除此之外，也可以按需要再在下游按交替的顺序连接多个下降管段和上升管段。
- 10 15

比较恰当的是，所述蒸汽发生器用作一个燃气和蒸汽轮机装置的废热蒸汽发生器。在这种情况下，该蒸汽发生器有利地沿燃气流向连接在一个燃气轮机下游。在这种连接法中，相宜地可在该燃气轮机后设一辅助燃烧室用于提高燃气温度。

- 20 采用本发明得到的优点尤其在于，通过蒸汽发生器管两级或多级式设计和包括一个可被流动介质沿向下方向流过的下降管段及一个沿流动介质流向连接在该下降管段下游可被流动介质沿向上方向流过的上升管段，至少在蒸汽发生器管的第一部分可借助处于其中的水柱的高度压力提供一种促进流动的压力势能。

- 25 虽然向下流动的被加热的汽化系统通常导致流动不稳定性，在强制式连续汽化器中使用时，这恰恰是不允许的。但在供给比较低的质量流量密度时，由于比较低的摩擦压力损失，所以可以可靠的方式获得蒸汽发生器管的自然循环特征，这种特征使得在一根蒸汽发生器管子与另一根蒸汽发生器管相比受到更多加热时，在受到更多加热的那根蒸汽发生器管内有比较大的流动介质流量。这种自然循环特征即使在使用向下流动的部段时也能保证蒸汽发生器管内有足够稳定和可靠的流动。
- 30

此外，这样一种特征可以特别低的结构和装配费用获得，为此将上升管段直接地和没有复杂的收集器或分配器系统的中间连接地连接在分别与之配置的下降管段上。因此，此蒸汽发生器在流动特性非常稳定的情况下有比较低的设备复杂性。除此之外，每根蒸汽发生器管的下降管段以及连接在其下游的上升管段均按悬挂的结构方式固定在燃气通道壳盖的区域内，在这种情况下允许在下部区内可自由地纵向膨胀。现在，这种因热效应引起的纵向膨胀通过连接各上升管段与下降管段的溢流段来补偿，所以不会因热效应而产生张力。

下面借助附图详细说明本发明的实施方式。其中：

10 图 1、2 和 3 分别简化表示平卧式结构的蒸汽发生器纵剖面。

在所有的附图中相同的部分采用相同的附图标记。

按图 1、2 或 3 的蒸汽发生器 1、1'、1"以废热蒸汽发生器的形式连接在未进一步表示的燃气轮机下游的废气侧。蒸汽发生器 1、1'、1"各有一外壁 2，该外壁构成一个可被来自燃气轮机的废热燃气沿近似水平的用箭头 4 示意表示的燃气方向 x 流过的燃气通道 6。在该燃气通道 6 中设有一些按连续加热原理设计的加热面，亦称为连续加热面 8、10 或 12。在按图 1、2 和 3 的实施方式中仅分别表示了一个连续加热面 8、10 或 12，但也可以设置大量的连续加热面。

由连续加热面 8、10 或 12 构成的汽化系统中可分别被加入流动介质 W，该流动介质在一次性通过各连续加热面 8、10 或 12 时汽化，并在从连续加热面 8、10 或 12 排出时作为蒸汽 D 被排出，且通常为了进一步过热被输入过热加热面。由各连续加热面 8、10 或 12 构成的汽化系统分别连接在图中未进一步表示的一汽轮机水汽循环中。在汽轮机水汽循环内除各汽化系统外还连接另一些在图 1 至 3 中分别示意表示的加热面 20。加热面 20 可例如涉及过热器、中压汽化器、低压汽化器和/或预热器。

按图 1 的蒸汽发生器 1 连续加热面 8 包括管束形式的多根为流过流动介质 W 并联的蒸汽发生器管 22。沿燃气方向 x 看多根蒸汽发生器管 22 是并列的。图中仅用附图标记 22 表示出了如此并列的蒸汽发生器管 22 中的一个。沿流动介质流向分别在如此并列的蒸汽发生器管 22 的上游连接一公共的分配器 26 以及在其下游连接一公共的出口收集器 28。在这里，各分配器 26 本身在进口侧与一主分配器 30 连接，以及出口收集器 28 在出口侧连

接在一公共的主收集器 32 上。

连续加热面 8 设计为适合供给蒸汽发生器管 22 比较低的质量流量密度，其中蒸汽发生器管 22 有一种自然循环特性。按照这种自然循环特性，同一连续加热面 8 中的与另一根蒸汽发生器管 22 相比受到更多加热的蒸汽发生器管 22 具有一个与该另一蒸汽发生器管 22 相比更大的流动介质 W 流量。为了能采取特别简单的结构措施以特别可靠的方式保证这一点，连续加热面 8 包括两个在流动介质侧串联的部分。其中连续加热面 8 的每根蒸汽发生器管 22 在第一部分中包括一个近似垂直布置可被流动介质 W 沿向下方向流过的下降管段 34。每根蒸汽发生器管 22 在第二部分中包括一个沿流动介质流向连接在下降管段 34 下游的、近似垂直布置和可被流动介质 W 沿向上方向流过的上升管段 36。

上升管段 36 与配属于它的下降管段 34 在这里通过一溢流段 38 连接。在此实施方式中，溢流段 38 在燃气通道 6 内部延伸，以及为了在空间上固定，穿过设在燃气通道 6 内的孔板 40 导引。虽然孔板导致在燃气通道 6 内可供燃气用的流通截面局部变窄；但应强调指出，图 1 中没有按比例表示，所以由于孔板 40 使燃气流通截面相对变窄的程度是很小的。

作为替换方式，所述溢流段也可以在燃气通道 6 的外部，尤其在其下方导引。这尤其可适用于这样的情况：出自于结构和工作的原因应规定连续加热面 8 排水。这可以在溢流段 38 在燃气通道 6 外部导引时通过连接在溢流段上的排水收集器实现。在这种情况下，排水收集器优选地在空间上设在下降管段附近，所以无阻碍地保持加热管段因热膨胀所需的可运动性。

如图 1 所示，连续加热面 8 的每根蒸汽发生器管 22 有一种近似 U 形的形状，其中，U 形的边由下降管段 34 和上升管段 36 构成，之间的连接弧段则由溢流段 38 构成。在如此设计的蒸汽发生器管 22 中，在下降管段 34 的区域内的流动介质 W 的高度压力势能与在上升管段 36 的区域内相反，产生一种促进流动和不阻碍流动的压力势能。换句话说：处于下降管段 34 内未汽化的流动介质 W 的水柱“推进”有关蒸汽发生器管 22 的流动，而不是阻碍流动。由此，此蒸汽发生器管 22 在总体上看有比较低的压力损失。

在近似 U 形的结构方式中，每根蒸汽发生器管 22 分别在其下降管段 34 的进口区内和在其上升管段 36 的出口区内，按悬挂的结构形式悬挂或固定在燃气通道 6 的盖上。通过其溢流段 38 互相连接的各自的下降管段 34

和各自的上升管段 36 在空间上看的下端则相反，它们在空间上不直接固定在燃气通道 6 内。因此，蒸汽发生器管这些部分的纵向膨胀没有损坏危险地得以容忍，其中，各溢流段 38 起膨胀弧的作用。蒸汽发生器管 22 的这种布局机械上有特别好的柔性以及面对出现的膨胀差在热应力方面是不敏感的。

一根蒸汽发生器管 22，尤其在其上升管段 36 内，更多地受到加热，首先在那里导致提高汽化率，在这种情况下，可通过对于蒸汽发生器管 22 的尺寸设计，使这种受到更多的加热能导致有更大流量的流动介质进入此受到更多加热的蒸汽发生器管 22。

此外，连续加热面 8 不同管列 24 的蒸汽发生器管 22 按互相嵌套的多重 U 方式排列。为此，多根蒸汽发生器管 22 的上升管段 36 和下降管段 34 在燃气通道 6 内彼此按这样的方式相对定位，即，为一个沿燃气方向 X 看处于比较靠后的下降管段 34 配设一个沿燃气方向 X 看比较靠前的上升管段 36。通过这种布局使一个受到比较强烈地加热的上升管段 36 与一个受到比较少加热的下降管段 34 连通。通过这种相对定位，还在管段 24 之间达到一种自动平衡的效果。也就是说，正是在受到比较强烈加热的处于更前方的上升管段 36 中，受到更多地加热会导致特别强烈的蒸汽的产生，并因而对附加供给流动介质 W 有特别强烈的需求。但正是这种受到强烈加热的上升管段 36 与一个受到比较弱地加热的下降管段 34 连接。这一下降管段由于在其中导引的流动介质 W 中加入比较少的热量，所以有特别大的促进流动的高度压力势能，因此，正是这种受到比较弱地加热的下降管段 34 特别适用于提供附加的比较冷的流动介质 W 供给量。

尤其在此布局中，一根蒸汽发生器管 22 的一个设置得比较远的上升管段 36 受到更多的加热，会导致在下降管段 34 中促进流动的高度压力势能以特别大的程度超过与之配属的上升管段 36 内阻碍流动的高度压力势能，从而又附加地实现向该上升管段 36 更多地供给流动介质 W。基于蒸汽发生器管 22 的这种特别突出的自然循环特征，使蒸汽发生器管面对局部受到不同的加热在特别大的程度上有一种自稳定的特性：一系列蒸汽发生器管 22 受到更多地加热导致局部在此蒸汽发生器管 22 列内有更多的流动介质 W 供入，所以基于相应地增大的冷却作用，自动均衡相应的温度值。因此，在主收集器 32 内流入的新蒸汽的蒸汽参数与各流通的管列 24 无关地而特别

均匀。

根据蒸汽发生器 1、1'、1"的设计点或规定的工作点，由向下流过的汽化部分提供的促进流动的高度压力势能可以明显超过连接在下游的第二汽化部分阻碍流动的高度压力势能。因此根据设计点可比较有利地使第一汽化部分针对比较大的摩擦压力损失来设计。为此在按图 1 的蒸汽发生器 1 管列的上游，主分配器 30 与配属于它们的各分配器 26 之间，各连接一节流装置 42，它尤其可设计为可调的。

作为替换方案，在按图 2 的实施方式中，蒸汽发生器 1'包括一个连续加热面 10，它的蒸汽发生器管 50 在第一部分中同样各有一下降管段 52，但沿流动介质流向在它下游分别连接多个为流过流动介质 W 互相并联的上升管段 54。通过它将下降管段 52 分别与配属于下降管段的多个上升管段 54 连接起来的溢流段 56，在本实施方式中仍在燃气通道 6 内部导引并固定在孔板 58 中。但需要时它们也可以铺设在燃气通道 6 外部。在按图 2 的实施方式中，沿流动介质的流向在每个下降管段 52 下游分别连接两个并联的上升管段 54。在这里使用的管有相同的尺寸，所以在并联的上升管段 54 内用于流动介质 W 的自由的流动截面，是连接在它们上游的公共下降管段 52 流动截面两倍那么大。作为替换方案，在下降管段 52 内这种对摩擦压力损失的限制，在需要的情况下也可以通过适当的尺寸设计，尤其通过选择一个比较小的直径达到。

在按图 3 的实施方式中的蒸汽发生器 1"包括一个连续加热面 12，它同样针对比较小的摩擦压力损失设计以及因而在比较小的质量流量密度的情况下特别适用于保证自然循环特征。但除此之外，蒸汽发生器 1"的连续加热面 12 在其吸热能力方面与流过燃气通道 6 的燃气的温度剖面特别匹配。为此，构成连续加热面 12 的每一根蒸汽发生器管 60 分别包括多个（在本实施方式中为两个）沿流动介质流向交替串联的下降管段 62、64 和上升管段 66、68。沿流动介质 W 流动方向看的第一下降管段 62，在这里分别通过一个溢流段 70 与连接在其下游的第一上升管段 66 连接。此上升管段本身在出口侧通过另一溢流段 72 与连接在其下游的第二下降管段 64 连接。此第二下降管段 64 通过又一溢流段 74 连接在第二上升管段 66 上。所述三个溢流段 70、72、74 仍在燃气通道 6 内部导引并分别借助孔板 76、78 或 80 固定在燃气通道 6 的底部或盖的区域内。

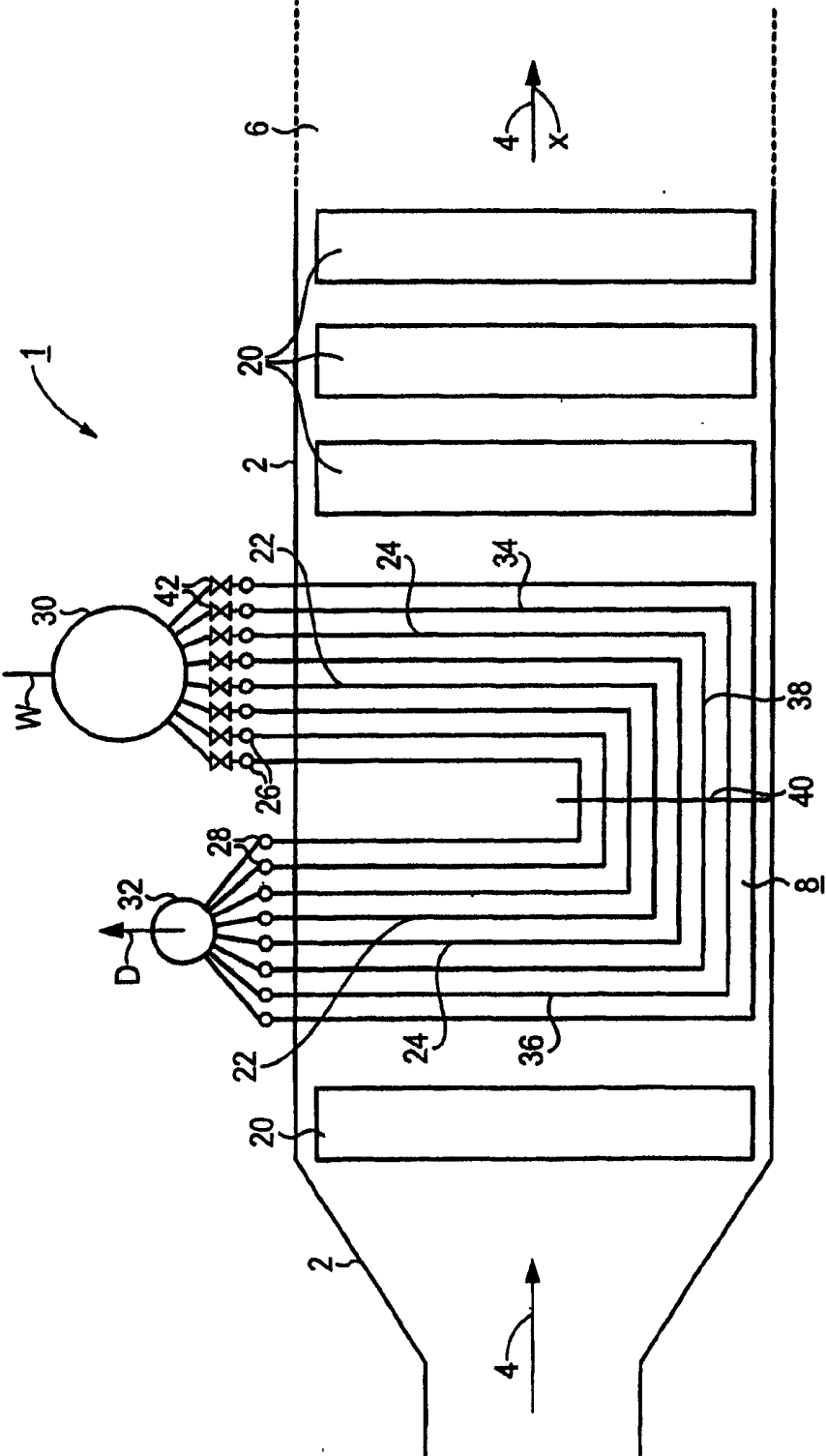


图1

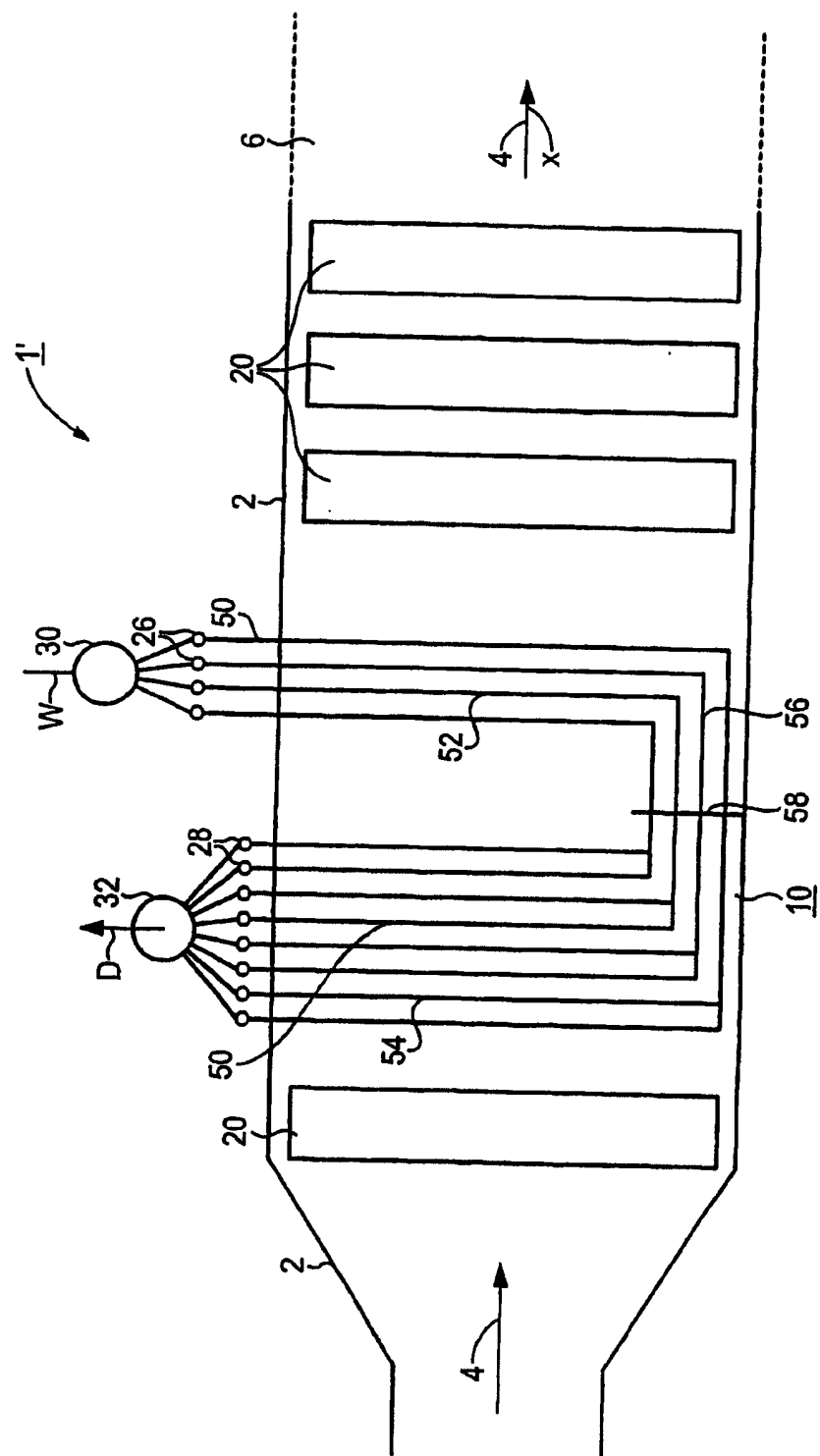


图 2

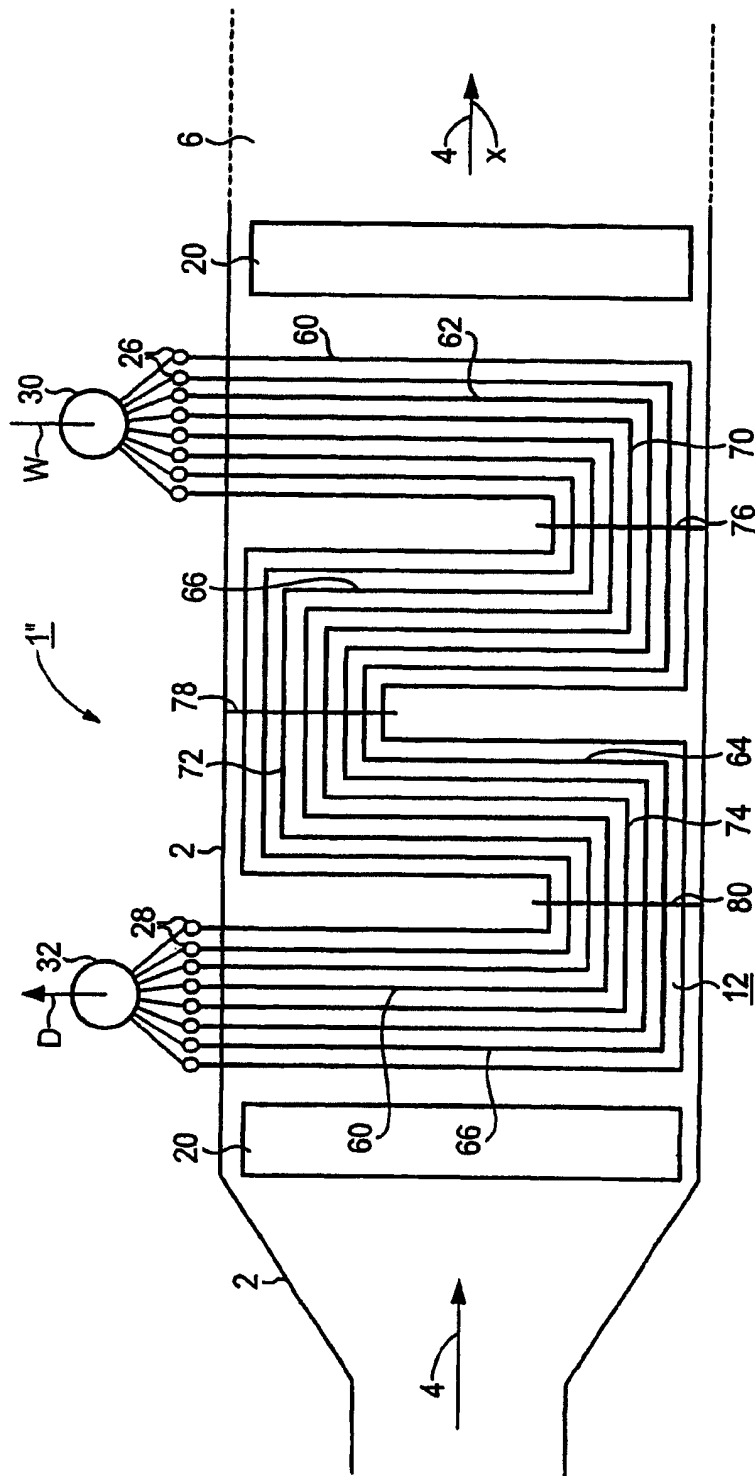


图 3