

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[ 51 ] Int. Cl<sup>7</sup>

F22B 35/18

F23N 1/02 F23N 5/00



# [12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 96122897.0

[45] 授权公告日 2004 年 1 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1135317C

[22] 申请日 1996. 11. 7 [21] 申请号 96122897.0

[30] 优先权

[32] 1995. 11. 7 [33] JP [31] 288283/1995

[71] 专利权人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

共同专利权人 巴布考克日立株式会社

[72] 发明人 冈崎洋文 小林启信 谷口正行

天野研 田中利幸 折田久幸

木山研滋

审查员 赵建军

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利  
商标事务所

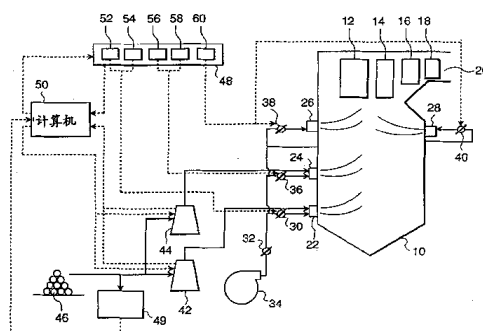
代理人 刘志平

权利要求书 4 页 说明书 20 页 附图 12 页

[54] 发明名称 粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备

[57] 摘要

在通过将炉内区域分成二维或三维燃烧单元并根据包括燃烧炉尺寸在内的结构信息和包括供煤速率及供气速率在内的操作信息来计算各燃烧单元内的气体流速、气体反应量、煤燃烧率、辐射传热率从而测算炉内气体成分分布和温度分布中的至少一种分布时，可参照一气相成分中的空气比例表，从而简化前述气体反应量计算并极大地减少这种计算所需要的时间。



1. 一种粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备, 该设备包括: 一计算程序, 它用于通过计算来获得上述粉煤燃烧炉内的温度分布及气体成分分布中的至少一种分布; 一显示器, 它用于显示上述计算程序所获得的温度分布及气体成分分布中的至少一种分布; 以及, 一控制装置, 它用于根据上述温度分布及气体成分分布中的至少一种分布来控制操作状态, 其中, 所述炉内状态测算控制设备还包括一气体气相成分的空气比例表, 在该表中, 可以根据气体反应计算或者根据对所述反应炉的取样结果来获得气体成分, 而所述气体成分是煤在炉内温度达  $1000\text{K}$  ( $727^\circ\text{C}$ ) 至  $2500\text{K}$  ( $2227^\circ\text{C}$ ) 的条件下以及在具有气相中空气比例为  $0.6$  至  $4.0$  的气体成分条件下进行燃烧所产生的, 并且, 将该气体成分设置成与上述气相中的空气比例有一定关系, 而所述的计算程序则包括下述所有的第一至第四个步骤以及下述第五和第六步骤中的至少一个步骤:

(1) 第一个步骤是: 将上述燃烧炉的内部划分成若干个二维或三维燃烧单元; 根据燃烧炉结构所特有的数据以及操作数据来计算每个燃烧单元的气体流速, 以获得进入各燃烧单元的焓, 各个燃烧单元产生的焓以及进入各燃烧单元的气体成分和数量及煤的数量, 上述燃烧炉结构所特有的数据包括该燃烧炉的尺寸, 而所说的操作数据则包括供煤速率以及供气速率;

(2) 第二个步骤是: 根据在第一个步骤中获得的进入各燃烧单元的气体成分和数量以及各燃烧单元的初始温度来计算各燃烧单元的气相中的空气比例以及气相的比热; 利用所获得的气相中的空气比例的索引通过查找上述气体气相成分的空气比例表获得与该气相中空气比例相对应的气体成分和数量;

(3) 第三个步骤是: 根据在第二个步骤中获得的气体成分和数量, 从进入各燃烧单元的煤量与出自各燃烧单元的煤量中获得的各燃烧单元内的煤量以及在第二个步骤中用于进行计算的各燃烧单元的初始温度来获得煤燃烧的发热量以及由各燃烧单元的煤转化成的气体的成分与数量;

(4) 第四个步骤是：根据在第二个步骤中用于进行计算的各个燃烧单元的初始温度来获得各燃烧单元的辐射传热量；

(5) 第五个步骤是：根据在第一个步骤中获得的进入各燃烧单元的焓以及各燃烧单元产生的焓、在第三个步骤中获得的各燃烧单元内的煤的发热量以及在第四个步骤中获得的各燃烧单元的辐射传热量来计算各燃烧单元内的焓；以及，根据在第二个步骤中获得的各燃烧单元的焓及比热来计算各燃烧单元的温度以获得炉内的温度分布；以及

(6) 第六个步骤是：根据在第一个步骤中获得的进入各燃烧单元的气体成分和数量、第二个步骤中获得的各燃烧单元中的气体成分和数量以及在第三个步骤中获得的转化自煤的气体成分和数量来计算各燃烧单元内的气体成分和数量以获得炉内的气体成分分布。

2. 如权利要求1所述的粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备，其特征在于，所说的计算程序包括下列步骤：将在第五步骤中获得的燃烧单元的相应温度中的至少一个燃烧单元的温度与先前计算出的该燃烧单元的温度作比较；当比较的差值超过一预定的容许温度差时，就用计算出来的当前温度重复进行第二个步骤至第五个步骤的计算；以及，用新计算出来的温度重复进行上述计算直至上述在先前计算出来的温度与新计算出来的温度之差收敛至所说的容许温度差的范围内。

3. 如权利要求2所述的粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备，其特征在于，将其先前算出来的温度值与所述容许温度差作比较的那个燃烧单元是位于燃烧炉出口处的燃烧单元。

4. 如权利要求1所述的粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备，其特征在于，根据粉煤中氢与碳的比例或者碳、氢与氧的比例而提供多个气体气相成分的空气比例表。

5. 如权利要求1所述的粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备，其特征在于，提供了一个分析器，它能获得粉煤中的碳、氢与氧之间的元素比例以及该粉煤的发热量，并且，在测算所述燃烧炉的炉内状态时，可以使用上述符合粉煤分析结果的气体气相成分的空气比例表。

6. 如权利要求1所述的粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备，其特

征在于，所说的燃烧炉的炉壁上配备有多个用于喷射粉煤及粉煤运载气体的喷烧器以及一后来空气供给口，并且，所说的控制装置控制着供给上述多个喷烧器及后来空气供给口的供气速率，因此，比上述后来空气供给口低的区域内的空气比例不会超过 0.85。

7. 如权利要求 1 所述的粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备，其特征在于，所说的燃烧炉的炉壁上配备有多个用于喷射粉煤及粉煤运载气体的喷烧器以及一后来空气供给口，并且，所说的控制装置比较根据前述计算程序获得的炉内温度分布所测算出的燃烧炉出口处的煤燃烧率与该出口处的预定煤燃烧率，并且控制着供给上述多个喷烧器以及后来空气供给口的供气速率，以致，所测算出的煤燃烧率会高于上述预定值。

8. 如权利要求 1 所述的粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备，其特征在于，所说的燃烧炉的炉壁上配备有多个用于喷射粉煤及粉煤运载气体的喷烧器以及一后来空气供给口，并且，所说的控制装置比较根据前述计算程序获得的炉内气体成分分布所测算出的燃烧炉出口处的气体成分与所述出口处的预定气体成分，并且控制供给上述多个喷烧器和后来空气供给口的供气速率以及供给上述多个喷烧器的供煤速率，以使得所测算出的气体成分在上述预定值的范围内。

9. 如权利要求 1 所述的粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备，其特征在于，所说的燃烧炉的炉壁上配备有多个用于喷射粉煤及粉煤运载气体的喷烧器以及一后来空气供给口，并且，所说的燃烧炉内还配备有一换热器，所说的控制装置可根据前述计算程序获得的炉内温度分布来获得上述炉壁和换热器所吸收的热能、计算上述换热器内所产生的蒸气的温度和数量并且控制供给上述多个喷烧器和后来空气供给口的供气速率，供给上述多个喷烧器的供煤速率以及供给上述换热器的供水速率中的至少一种速率，以使得所计算出来的蒸气的温度和数量在预定值的范围内。

10. 如权利要求 1 所述的粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备，其特征在于，该设备还包括：一温度测定装置，它用于根据燃烧炉内的火焰亮度来测定温度；以及，一温度修正装置，它用于根据所测定的温度值来修正在前述第五个步骤中所获得的温度分布。

11. 如权利要求 1 所述的粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备, 其特征在于, 所说的燃烧炉的壁面上配备有多个用于喷射粉煤及粉煤运载气体的喷烧器以及一后来空气供给口, 并且, 所说的燃烧炉内还配备有一换热器, 所说的控制装置可根据前述计算程序获得的炉内温度分布来获得上述炉壁和换热器内所吸收的热能, 计算上述换热器内所产生的蒸气的温度和压力、根据所算出的值与换热器内实际产生的蒸气的温度和压力之间差异随时间的变化来测算附着在换热器上的燃烧煤渣的厚度, 并且在所测算出的值超出一预定值时通知对换热器进行煤渣附着操作。

## 粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备

本发明涉及到一种粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备，它可测算燃烧炉的炉内状态并控制粉煤的供给速率，空气的供给速率等等，而所说的燃烧炉则配备有喷烧器，这些喷烧器用于喷烧以气动方式传输的粉煤，具体地说，本发明涉及到一种计算程序，它用于通过计算来获得所述燃烧炉内的气体成分分布和温度分布。

煤的燃烧会排出由氧化氮（ $\text{NO}_x$ ）构成的环境污染物。业已提出了多种燃烧方法以减少  $\text{NO}_x$  的排量。但是，为了减少  $\text{NO}_x$  的排量，就必须要了解炉内的状态。在粉煤燃烧锅炉中，将多个喷烧器设置在一燃烧炉的壁面上，并且，在所说的喷烧器组的上部设置有一后来空气入口。根据负荷来改变所用的喷烧器的数量或调节对上述后来空气入口的供气率，但是，这样做会在炉内的温度分布或气体成分分布方面出现不均匀的现象。而且，由于提供粉煤和空气的管道系统的压力损失有所不同，所以，所述喷烧器的火焰状态会有所不同。因此，必须通过观察炉内情况以了解从中排出的  $\text{NO}_x$ ，一氧化碳和未燃烧的煤的份额，以便进行适当的控制。

如果各种测量仪器能直接地插进炉内，那么，就可很容易地获得炉内的气体成分分布和温度分布。但是，由于炉内处于高温状态，所以在实践上是不可能的。因此，必须通过计算来获得温度的分布与气体成分的分布。

日本专利申请公开第 5 - 264005 号公开了一种方法，在这种方法中，通过用垂直平面将炉的内部分成若干个部分并计算燃烧炉出口处的温度以及水冷壁的吸热量，从而可用物理模型测算出炉内的温度和主加热器出口处的蒸气温度。

在上述通常的技术中，无法获得炉内的气体成分的分布。而且，炉内的发热部分和发热率是凭经验加以确定的并包括在物理模型内。所

以, 在粉煤喷烧器的结构或负荷有较大变化时, 就需要通过改变所说的物理模型来重新加以计算。此外, 在已知炉内气体成分分布时, 可以很容易地控制燃烧。因为, 可以知道在哪一个区域中产生了大量的 $\text{NO}_x$ 和一氧化碳。

本发明的一个目的是提供一种粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备, 它配备有能通过计算来测算出上述燃烧炉内气体成分分布和温度分布的装置。

本发明的另一个目的是提供一种具体的控制装置, 它用于根据对气体成分分布和/或温度分布的计算结果来控制操作状态。

在一种粉煤燃烧炉的炉内状态测算控制设备中, 本发明包括: 一计算程序, 它用于通过计算来获得粉煤燃烧炉内的温度分布和气体成分分布中的至少一种分布; 一显示器, 它用于显示上述计算程序所获得的温度分布和气体成分分布中的至少一种分布; 以及, 一控制装置, 它用于根据上述温度分布和气体成分分布中的至少一种分布来控制操作状态, 本发明的特征在于, 所述的炉内状态测算控制设备包括一气相成分中的空气比例表, 在该表中, 可以根据气体反应计算或者根据对上述反应炉的取样结果来获得煤在炉内温度达  $1000\text{K}$  ( $727^\circ\text{C}$ ) 至  $2500\text{K}$  ( $2227^\circ\text{C}$ ) 的条件下以及在具有气相中空气比例为 0.6 至 0.4 的气体组成的条件下进行燃烧所产生的气体成分, 并且, 将该气体成分设置成与上述气相中的空气比例有一定的关系, 而所述的计算程序则包括下述所有的第一至第四个步骤以及下述第五和第六步骤中的至少一个步骤:

(1) 第一个步骤是: 将上述燃烧炉的内部分成若干个二维或三维燃烧单元; 根据燃烧炉结构所特有的数据以及操作数据来计算每个燃烧单元的气流速率, 以获得进入各个燃烧单元的焓, 各个燃烧单元产生的焓以及进入各燃烧单元的气体成分和数量及煤的数量, 上述燃烧炉结构所特有的数据包括该燃烧炉的尺寸, 而所说的操作数据则包括供煤速率以及供气速率;

(2) 第二个步骤是: 根据在第一个步骤中获得的进入各燃烧单元的气体成分和数量以及各燃烧单元的初始温度来计算各燃烧单元的气相中的空气比例以及气相的比热; 利用所获得的气相中的空气比例的索引

来查找上述气相成分中的空气比例表，以获得与该气相中空气比例相对应的气体成分和数量；

(3) 第三个步骤是：根据在第二个步骤中获得的气体成分和数量，从进入各燃烧单元的煤量与出自各燃烧单元的煤量中获得的各燃烧单元内的煤量以及在第二个步骤中用于进行计算的各燃烧单元的初始温度来获得煤燃烧的发热量以及由各燃烧单元的煤转化成的气体的成分与数量；

(4) 第四个步骤是：根据在第二个步骤中用于进行计算的各个燃烧单元的初始温度来获得各燃烧单元的辐射传热热量；

(5) 第五个步骤是：根据在第一个步骤中获得的进入各燃烧单元的焓以及各燃烧单元产生的焓，在第三个步骤中获得的各燃烧单元内的煤的发热量以及在第四个步骤中获得的各燃烧单元的辐射传热热量来计算各燃烧单元内的焓；以及，根据在第二个步骤中获得的各燃烧单元的焓及比热来计算各燃烧单元的温度以获得炉内的温度分布；以及

(6) 第六个步骤是：根据在第一个步骤中获得的进入各燃烧单元的气体成分和数量，在第二个步骤中获得的各燃烧单元中的气体成分和数量以及在第三个步骤中获得的转化自煤的气体成分和数量来计算各燃烧单元内的气体成分和数量以获得炉内的气体成分分布。

本发明所使用的计算程序可包括下列步骤：将在第五个步骤中获得的燃烧单元的相应温度中的至少一个燃烧单元的温度与先前计算出的该燃烧单元的温度作比较；当比较的差值超过一预定的容许温度差时，就用计算出来的当前温度重复进行第二个步骤至第五个步骤的计算；以及，用新计算出来的温度重复进行上述计算直至上述在先前计算出来的温度与新计算出来的温度之差收敛至所说的容许温度差的范围内。

在这种情况下，将其先前算出来的温度值与所述容许温度差作比较的那个燃烧单元最好是位于燃烧炉出口处的燃烧单元。

在本发明中，最好根据粉煤中氢与碳的比例或者碳，氢与氧的比例提供多个气相成分中的空气比例表。并且，最好提供一个分析器，它能获得粉煤中的碳、氢与氧的元素比例以及该粉煤的发热量并且在测算所述燃烧炉的炉内状态时能根据上述对粉煤的分析结果来使用所说的气相

成分中的空气比例表。

在所述燃烧炉的炉壁上配备有多个用于喷射粉煤及粉煤运载气体的喷烧器以及一后来空气供给口的情况下，作为上述控制装置的一个实例，最好提供这样一种控制单元，它能控制供给上述多个喷烧器及后来空气供给口的供气速率，因此，比上述后来空气供给口低的区域内的空气比例不会超过 0.85。

此外，作为上述控制装置的另一个实例，最好提供这样一种控制单元，它能比较根据前述计算程序获得的炉内温度所测算出的燃烧炉出口处的煤燃烧率与所述出口处的预定的煤燃烧率并且控制供给上述多个喷烧器及后来空气供给口的供气速率，因此，所测算出的煤燃烧率会高于上述预定值。

除以上所述内容之外，作为所说的控制装置，可以提供：(i)一控制单元，它可比较根据前述计算程序获得的炉内气体成分分布所测算出的燃烧炉出口处的气体成分与所述出口处的预定气体成分并且控制供给上述多个喷烧器和后来空气供给口的供气速率以及供给上述多个喷烧器的供煤速率，以使得所测算出的气体成分在上述预定值的范围内；(ii)一控制单元，它可根据前述计算程序获得的炉内温度的分布来获得上述炉壁和换热器内所吸收的热能，计算上述换热器内所产生的蒸气的温度和数量并且控制供给上述多个喷烧器和后来空气供给口的供气速率，供给上述多个喷烧器的供煤速率以及供给上述换热器的供水速率中的至少一种速率，以使得所计算出来的蒸气的温度和数量在上述预定值的范围内；以及，(iii)一控制单元，它可根据前述计算程序获得的炉内温度分布来获得上述炉壁和换热器内所吸收的热能、计算上述换热器内所产生的蒸气的温度和压力，(根据所算出的值与换热器内实际产生的蒸气的温度和压力之间差异随时间的变化来测算附着在换热器上的燃烧煤渣的厚度并且在所测算出的值超出一预定值时通知换热器进行煤渣附着操作。)

还最好提供：一温度测定装置，它用于根据燃烧炉内的火焰亮度来测定温度；以及，一温度修正装置，它用于根据所测定的温度值来修正在上述第五个步骤中所获得的温度分布。

依照本发明，在根据燃烧炉所固有的数据（不会改变的信息）如燃

烧炉的尺寸等以及诸如供煤速率，供气速率等操作信息来进行每个燃烧单元的气流速率计算、气体反应量计算、燃煤量计算以及辐射传热量计算时，可以通过查找上述气相成分中的空气比例表来简化需要最长时间的气体反应量计算，因此，可以大大地降低计算所需的时间。

而且，通过根据按本发明所获得的炉内温度分布和炉内气体成分分布来控制燃烧炉的操作状态，可以获得具有较小氧化氮排量的燃烧。

图 1 是显示本发明粉煤燃烧锅炉的第一实施例的整个结构的图；

图 2 是显示通过计算来测算炉内状态的步骤的流程图；

图 3 是显示在将一燃烧炉的内部区域分成二维燃烧单元或三维燃烧单元时该燃烧炉内部结构的图；

图 4 是特征曲线图，它显示了气相中空气比例与气体浓度之间的关系；

图 5 是特征曲线图，它显示了气相中空气比例与  $\text{NO}_x$  浓度之间的关系；

图 6 是显示按着一测算程序通过测算所获得的温度分布和气体成分分布的测算结果的示意图；

图 7 是显示本发明计算步骤的另一个实施例的流程图；

图 8 是显示本发明粉煤燃烧锅炉的第二实施例的整个结构的图；

图 9 是显示本发明计算步骤的又一个实施例的流程图；

图 10 是显示本发明粉煤燃烧锅炉的第三实施例的整个结构的图；

图 11 是显示本发明粉煤燃烧锅炉的第四实施例的整个结构的图；

图 12 是显示本发明粉煤燃烧锅炉的第五实施例的整个结构的图；

图 13 是显示喷烧器负荷变化时气体浓度特征的示意图。

以下参照附图详细说明本发明的实施例。

图 1 是显示本发明粉煤燃烧锅炉的第一实施例的整个结构的图。参照图 1，一粉煤燃烧锅炉具有一作为该锅炉主体的燃烧炉 10，在燃烧炉 10 的内部，沿该燃烧炉的壁面设置有传热管（未示出），并且在该燃烧炉的出口侧 20 设置有多组蒸发器（过热器）12、14、16、18。通过一供水管（未示出）将水或蒸气供给这些换热器（换热器是所述传热管及蒸发器的统称），每个换热器都会因炉 10 内的燃烧而产生蒸气，该蒸

气会被提供给一汽轮机（未示出）。此外，在炉 10 的炉壁上设置有一低层喷烧器 22、一高层喷烧器 24 以及后来空气注入口 26、28。低层喷烧器 22 和高层喷烧器 24 设置在用于暂时存放空气的鼓风箱（未示出）内，而所说的鼓风箱则设置在炉壁上，经由空气流速调节器 30、32 将空气从一鼓风机（活塞式鼓风机）34 提供给下层喷烧器 22，并且，经由空气流速调节器 36、32 将空气从鼓风机 34 提供给上层喷烧器 24。此外，还经由空气流速调节器 38、40 将空气提供给后来空气注入口 26、28。而且，将碎煤机 42 所粉碎的粉煤作为燃料传送给下层喷烧器 22，并将碎煤机 44 所粉碎的粉煤作为燃料传送给上层喷烧器 24。将燃料煤从贮煤场 46 传送给各个碎煤机 42、44。空气和提供给下层喷烧器 22 的粉煤在炉 10 内混合并燃烧，从而形成了炉 10 内的火焰。空气和提供给上层喷烧器 24 的粉煤在炉 10 内混合并燃烧，从而形成了炉 10 内的火焰。在炉 10 内形成有火焰时，热能就会被传送给所说的传热管和蒸发器 12、14、16、18，从而会在该传热管与蒸发器内产生蒸气。然后，因空气和煤的燃烧而产生的物质会从出口 20 中排出。

在本实施例中，设置有控制器 48 和计算机 50 以便控制空气流向下层喷烧器 22、上层喷烧器 24 和后来空气注入口 26、28 的流速以及粉煤流向下层喷烧器 22 和上层喷烧器 24 的流速并且测算炉 10 内的燃烧状态。控制器 48 带有一下层喷烧器空气流速控制器 52、一下层喷烧器粉煤流速控制器 54、一上层喷烧器空气流速控制器 56、一上层喷烧器粉煤流速控制器 58 以及一后来空气注入口空气流速控制器 60。

下层喷烧器空气流速控制器 52 和下层喷烧器粉煤流速控制器 54 根据来自计算机 50 的指令进行控制计算，计算后的结果输入给计算机 50。计算机 50 存储着有关碎煤机 42、44 的粉煤传送速率和碎煤机 42、44 的粉煤粉碎速率等信息以及来自煤分析器 49 的信息，计算机 50 根据来自碎煤机 42、44 的上述信息以及各个控制器 52、54 内的计算结果将诸如用于粉煤传送速率和粉煤粉碎速率等的指令输出给碎煤机 42、44。上层喷烧器空气流速控制器 56、上层喷烧器粉煤流速控制器 58 以及后来空气注入口空气流速控制器 60 根据来自计算机 50 的指令进行控制计算并根据所计算出的结果将控制信号输出给空气流速调节器 30、

### 32、36、38、40.

此外,除了用于进行各种控制计算的程序以外,计算机50还存储着一种测算程序,它用于测算炉10内的燃烧状态,并且,将各种输入数据输入给计算机50。所说的输入数据是诸如燃烧炉的尺寸、喷烧器的数量、燃烧的类型(对置式的或单侧式的)、喷烧器的位置、喷烧器的间距,后来空气注入口的位置、彼此相邻的后来空气注入部分的间距等为燃烧炉结构所固有的数据以及诸如煤的特征、煤的工业分析值、煤的成分分析值、煤的密度、颗粒尺寸的分布(粉煤的颗粒尺寸的分布)等、煤的供给速率、用于喷烧器的空气燃料比,后来空气的供给速率,向所述传热管和蒸发器供水的速率、传热管和蒸发器的温度等之类的操作数据。

在用计算机50根据上述输入数据通过计算来测算炉10内的燃烧状态时,就执行图2所示的过程。

首先,将诸如炉10的形状,喷烧器的位置等为燃烧炉所固有的数据作为输入数据输入给计算机50( $S_1$ )。此外,还将诸如燃料供给速率(将粉煤提供给各喷烧器22、24的供给速率)、供气速率(向各个喷烧器及后来空气注入口26、28的供气速率=实际的空气流速)、煤的特征等操作信息作为输入数据输入给所说的计算机( $S_2$ )。

在将上述输入数据输入给计算机50时,计算机50会根据存储的测算程序以及类似的程序重复执行步骤 $S_3$ 至步骤 $S_7$ 的过程并根据各个过程的结果测算炉10内的温度分布及炉10内的气体成分分布。在进行上述测算时,将燃烧炉10的内部划分成多个二维(高×深)或三维(高×深×宽)的燃烧单元(用于计算的燃烧单元集合)。然后,对每个燃烧单元来说都以考虑上述燃烧单元之间相互影响的方式进行用于计算各燃烧单元内气体流动速率(速度)的气体流速计算( $S_3$ )、气体反应量计算( $S_4$ )、煤-气体反应(煤的燃烧率)计算( $S_5$ )、辐射传热率计算( $S_6$ )、焓平衡计算及气体温度计算( $S_7$ )、气体成分( $S_8$ )计算以及转移判断( $S_9$ )。图3显示了一个将炉10的内部划分成多个燃烧单元的实例。

在计算步骤 $S_3$ 至 $S_8$ 中,于气体反应量计算( $S_4$ )中计算 $O_2$ 与诸如CO等之类的气体之间的反应,并且,在煤-气体反应计算( $S_5$ )中计算固态碳(C)与诸如 $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$ 之类的其它分子之间的反应,

也就是说，计算固体与气体之间的反应量。

在气体流速计算（ $S_3$ ）中，对每个燃烧单元来说都用有限微分法来计算下述方程（1）和（2）所示的微分方程。方程（1）、（2）中的方程（1）表示气体成分的物质守恒性，方程（1）中的项  $S_{in}$  表示因燃烧而从粉煤转化来的气体成分量。符号  $u$  和  $V$  分别表示各燃烧单元内的气体沿横向方向及沿垂直方向的速度。作为上述速度的边界条件，给定该速度，该速度在壁面上为 0（零）并且是根据前述输入数据中每个朝向喷烧器喷嘴的燃烧单元的空气注入速率以及根据从各燃烧单元的坐标  $X$ 、 $Y$  中所获得的喷烧器喷嘴的面积来加以计算的。另外，方程（2）是一转换方程，项  $S_{react}$  表示燃烧所产生的发热率。此值是从气体反应量计算（ $S_4$ ）和煤-气体反应计算（ $S_5$ ）中获得的。项  $S_{rad}$  表示辐射传热所接收到的热量，该热量是从辐射传热率计算（ $S_6$ ）中获得的。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) = S_{in} \dots (1)$$

其中， $X$ ， $Y$ ：坐标

$u$ ， $V$ ：速度

$\rho$ ：密度

除了涉及到上述转换方程的联立方程以外，还有一涉及到煤量的联立方程。此方程可通过在方程（2）中用煤量代替焓即方程（3）来表示，可按与焓平衡计算相同的方式在气体流速计算（ $S_3$ ）中计算流进各燃烧单元的煤的流速以及流出各燃烧单元的煤的流速。这时，作为煤量的边界条件，根据存储数据中以及所给定的煤注入量和喷烧器喷嘴面积来计算出朝向喷烧器喷嘴的燃烧单元内的单位时间和单位面积的煤注入量。

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uH - \alpha \frac{\partial H}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(vH - \alpha \frac{\partial H}{\partial y}) = S_{react} + S_{rad} \dots (2)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uc - \beta \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(vc - \beta \frac{\partial c}{\partial y}) = -S_{in} \dots (3)$$

其中， $\alpha$ ：温度扩散系数

$H$ ：焓

$\beta$ : 颗粒扩散系数

$C$ : 颗粒浓度

气体反应量计算 ( $S_4$ ) 使用了化学平衡计算法, 这种方法例如在“机械工程手册, 基础部分,  $A_6$  热力工程”(由日本机械工程学会出版) 的第 7 至 74 页中有所说明。除化学平衡计算法以外, 上述气体反应量计算还可以使用如“机械工程手册, 基础部分,  $A_6$  热力工程”中所述的阿仑尼乌斯方程的反应速度常数的方法, 所说的阿仑尼乌斯方程如下述方程 (4) 所示。但是, 就实际使用而言, 上述方法具有这样的缺陷即: 计算非常复杂并且要花很长时间, 这是因为, 煤的燃烧会在燃烧反应过程中产生多种中间产品, 并且, 这些中间产品会有链式反应。另一方面, 上述使用化学平衡计算的方法不需要考虑中间产品的反应并直接进行计算。这是因为, 化学平衡计算法通过假定反应已达到最终状态 (化学平衡状态) 并不会再有变化来计算所说的反应。

煤的燃烧有两种反应类型即气体反应和煤-气体反应。业已发现, 可以用气相中的空气比例来处理上述气体反应并且可以应用化学平衡计算。也就是说, 业已认识到, 在该气体反应中可达到平衡状态并且可以使用所说的化学平衡计算。

术语“气相中的空气比例”是指实际注入的空气量与使粉煤中以气体形式释放出来的可燃成分完全燃烧所需的空气量之比 (气体的化学当量 =  $SRG(-)$ )。

煤-气体反应是固体与气体之间的反应, 与气体反应相比, 煤-气体反应的速度非常慢。所以, 在煤-气体反应计算 ( $S_5$ ) 中, 可以由方程 (4) 所示的阿仑尼乌斯方程来给出反应速度常数。可以如下述方程 (5) 所示那样根据反应速度常数、涉及到该反应的气体的局部压力以及煤颗粒的表面积来计算煤的反应速度 (速率)。可以根据下述方程 (6) 用反应速度来计算因煤的燃烧所产生的热量  $S_{react}$ 。

$$K_f = A \exp \{-E/RT\} \quad \dots(4)$$

其中,  $k_f$ : 反应速度常数

$E$ : 反应的启动能量

$R$ : 总的气体常数

T: 温度

A: 频率因子

$$\frac{dW_{ci}}{dt} = K_i \cdot P_i \cdot S_{ext} \dots (5)$$

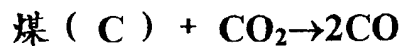
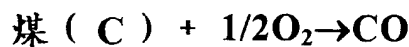
其中:  $K_i$ :各个反应的反应速度常数

$dW_{ci}/dt$ : 煤的反应速度

$P_i$ : 涉及到反应的气体的局部压力( $i=O_2, H_2O, CO_2$ )

$S_{ext}$ : 煤颗粒的表面面积

反应 i 的实例如下:



$$S_{react} = \frac{dW_{ci}}{dt} \times \Delta H_{react} \dots (6)$$

其中,  $\Delta H_{react}$ :煤的反应所产生的热量.

辐射传热率计算 ( $S_6$ ) 可以使用这样一种方法, 在这种方法中, 可以根据“机械工程手册, 基础部分, A6 热力工程”中第 104 至 107 页所述的用于热辐射的传导方程来计算辐射传热所接收到的热量  $S_{rad}$ .

在气体流速计算 ( $S_3$ )、气体反应量计算 ( $S_4$ )、煤燃烧率计算 ( $S_5$ ) 以及辐射传热率计算 ( $S_6$ ) 中, 各个计算结果会与气体温度、气体成分和数量以及气体流速彼此相影响。因此, 必须连续地重复进行相应的计算, 直至各计算结果收敛。所以, 要将气体温度计算 ( $S_7$ ) 所获得的相应燃烧单元的温度中的至少一个温度与先前计算所获得的同一燃烧单元的温度相比较。当两者差值超过一预定的容许温度差时, 就利用当前获得的温度重复地进行上述 ( $S_3$ ) 至 ( $S_8$ ) 的计算, 并且, 用新获得的温度重复进行上述计算, 直至与上述先前计算出的值的差值收敛到所述容许温度差的范围内。尽管在其中判断收敛状态的那个燃烧单元可以在所说的燃烧炉内处于任何位置, 但是, 对于前述整个燃烧炉的计算中的转移判断来说, 最好使用位于所述燃烧炉出口处的燃烧单元。此外, 可将气体成分和数量、气体流速用作转移判断的计算结果。在判断出各个相应的计算结果是收敛的时 ( $S_9$ ), 就可根据相应的计算结果来计算

炉内的气体成分分布和温度分布 ( $S_{10}$ )。将计算结果从计算机 50 传送给显示器和/或打印机 (未示出), 并且, 在显示器的屏幕上显示出例如图 6(a)和图 6(b)中所示的炉内气体成分分布和温度分布。

由于可如前所述那样了解炉内的气体成分分布和温度分布, 所以, 可以了解在炉内的哪一部分存在着不完全燃烧。因此, 通过调节这一部分附近的粉煤流速以及/或者供给喷烧器和/或后来空气注入口的空气的流速, 可以在有较少  $\text{NO}_x$  废气和较少未燃烧的物质下进行燃烧。

在粉煤的燃烧过程中, 诸如氧、二氧化碳、一氧化碳、氮、氢、蒸气等气体成分会在气相中处于平衡状态 (平衡物态)。所以, 气相中的空气比例与气体的浓度具有一定的相互关系。作为一个实例, 燃烧具有表 1 所示特征的煤并研究了气相中空气比例与气体浓度之间的关系, 从而得到了图 4 和图 5 所示的曲线图。该曲线图显示了气体温度为  $1400^\circ\text{C}$  情况下的结果。

表 1

| 煤的种类 | 燃烧比率 | 煤渣部分(重量%) | N 部分(干燥, 无粉尘)(重量%) |
|------|------|-----------|--------------------|
| 煤 A  | 1.03 | 15.7      | 2.52               |
| 煤 B  | 1.98 | 8.9       | 1.78               |
| 煤 C  | 2.32 | 12.8      | 1.94               |
| 煤 D  | 3.44 | 8.4       | 2.09               |

从上述情况中可以看出, 在粉煤的燃烧过程中, 诸如氧、二氧化碳等的气体成分的浓度仅取决于气相中的空气比例, 因此, 可以简化所说的气体反应计算。

图 7 是显示气体反应计算的一个实施例的流程图, 在该实施例中, 气体成分表 ( $S_{41}$ ) 是气相中空气比例的索引, 并且, 可以通过引用该表而不是执行化学平衡计算来进行气体反应计算。

表 2 和表 3 显示了图 7 中用于气体反应计算的索引的实例。表 2 和表 3 均示出了空气比例与气体成分之间的关系。表 2 与表 3 之间的不同点在于气体温度。例如, 在表 2 和表 3 中,  $E - 17$  表示  $\times 10^{-17}$  (例如,

$6.42\text{E-}01=6.42 \times 10^{-01}$  ) .

表 2

| 气相中的<br>空气比例 | 气体成分 (克分子份数: -) |                |                 |          |                  |                |
|--------------|-----------------|----------------|-----------------|----------|------------------|----------------|
|              | N <sub>2</sub>  | O <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> | CO       | H <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> |
| 0.62         | 6.42E-01        | 4.76E-27       | 1.08E-01        | 1.35E-01 | 2.23E-02         | 9.23E-02       |
| 0.67         | 6.61E-01        | 1.06E-20       | 1.07E-01        | 1.23E-01 | 4.30E-02         | 6.58E-02       |
| 0.72         | 6.77E-01        | 1.19E-16       | 1.10E-01        | 1.09E-01 | 5.86E-02         | 4.50E-02       |
| 0.76         | 6.92E-01        | 9.18E-14       | 1.17E-01        | 9.28E-02 | 6.90E-02         | 2.98E-02       |
| 0.81         | 7.05E-01        | 1.52E-11       | 1.25E-01        | 7.48E-02 | 7.54E-02         | 1.90E-02       |
| 0.86         | 7.18E-01        | 1.00E-09       | 1.36E-01        | 5.59E-02 | 7.90E-02         | 1.14E-02       |
| 0.91         | 7.29E-01        | 4.04E-08       | 1.47E-01        | 3.69E-02 | 8.06E-02         | 6.17E-03       |
| 0.95         | 7.40E-01        | 1.70E-06       | 1.59E-01        | 1.82E-02 | 8.09E-02         | 2.53E-03       |
| 1.00         | 7.49E-01        | 9.72E-04       | 1.68E-01        | 1.73E-03 | 8.00E-02         | 2.09E-04       |
| 1.05         | 7.51E-01        | 9.71E-03       | 1.62E-01        | 3.61E-04 | 7.66E-02         | 4.48E-05       |
| 1.09         | 7.53E-01        | 1.83E-02       | 1.55E-01        | 1.60E-04 | 7.33E-02         | 2.07E-05       |
| 1.14         | 7.55E-01        | 2.62E-02       | 1.49E-01        | 8.13E-05 | 7.03E-02         | 1.10E-05       |
| 1.19         | 7.56E-01        | 3.35E-02       | 1.43E-01        | 4.43E-05 | 6.75E-02         | 6.29E-06       |
| 1.28         | 7.59E-01        | 4.65E-02       | 1.32E-01        | 1.47E-05 | 6.25E-02         | 2.28E-06       |
| 1.38         | 7.61E-01        | 5.78E-02       | 1.23E-01        | 5.37E-06 | 5.82E-02         | 9.10E-07       |
| 1.47         | 7.63E-01        | 6.76E-02       | 1.15E-01        | 2.11E-06 | 5.44E-02         | 3.89E-07       |
| 1.57         | 7.64E-01        | 7.62E-02       | 1.08E-01        | 8.75E-07 | 5.12E-02         | 1.75E-07       |
| 1.66         | 7.66E-01        | 8.38E-02       | 1.02E-01        | 3.81E-07 | 4.82E-02         | 8.25E-08       |

表 3

| 气相中的<br>空气比例 | 气体成分 (克分子份数: -) |                |                 |           |                  |                |
|--------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------|------------------|----------------|
|              | N <sub>2</sub>  | O <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> | CO        | H <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> |
| 0.62         | 6.42E-01        | 4.76E-27       | 1.08E-01        | 1.35E-^01 | 2.23E-02         | 9.23E-02       |
| 0.67         | 6.61E-01        | 1.06E-20       | 1.07E-01        | 1.23E-01  | 4.30E-02         | 6.58E-02       |
| 0.72         | 6.77E-01        | 1.19E-16       | 1.10E-01        | 1.09E-^01 | 5.86E-02         | 4.50E-02       |
| 0.76         | 6.92E-01        | 9.18E-14       | 1.17E-01        | 9.28E-02  | 6.90E-02         | 2.98E-02       |
| 0.81         | 7.05E-01        | 1.52E-11       | 1.25E-01        | 7.48E-02  | 7.54E-02         | 1.90E-02       |
| 0.86         | 7.18E-01        | 1.00E-09       | 1.36E-01        | 5.59E-02  | 7.90E-02         | 1.14E-02       |
| 0.91         | 7.29E-01        | 4.04E-08       | 1.47E-01        | 3.69E-02  | 8.06E-02         | 6.17E-03       |
| 0.95         | 7.40E-01        | 1.70E-06       | 1.59E-01        | 1.82E-02  | 8.06E-02         | 2.53E-03       |
| 1.00         | 7.49E-01        | 9.72E-04       | 1.68E-01        | 1.73E-03  | 8.00E-02         | 2.09E-04       |
| 1.05         | 7.51E-01        | 9.71E-03       | 1.62E-01        | 3.61E-04  | 7.66E-02         | 4.48E-05       |
| 1.09         | 7.53E-01        | 1.83E-02       | 1.55E-01        | 1.60E-04  | 7.33E-02         | 2.07E-05       |
| 1.14         | 7.55E-01        | 2.62E-02       | 1.49E-01        | 8.13E-05  | 7.03E-02         | 1.10E-05       |
| 1.19         | 7.56E-01        | 3.35E-02       | 1.43E-01        | 4.43E-05  | 6.75E-02         | 6.29E-06       |
| 1.28         | 7.59E-01        | 4.65E-02       | 1.32E-01        | 1.47E-05  | 6.25E-02         | 2.28E-06       |
| 1.38         | 7.61E-01        | 5.78E-02       | 1.23E-01        | 5.37E-06  | 5.82E-02         | 9.10E-07       |
| 1.47         | 7.63E-01        | 6.76E-02       | 1.15E-01        | 2.11E-06  | 5.44E-02         | 3.89E-07       |
| 1.57         | 7.64E-01        | 7.62E-02       | 1.08E-01        | 8.75E-07  | 5.12E-02         | 1.75E-07       |
| 1.66         | 7.66E-01        | 8.38E-02       | 1.02E-01        | 3.81E-07  | 4.82E-02         | 8.25E-08       |

燃烧过程中粉煤中氢的部分与碳的部分的释放速度是不同的。所以, 在把上述气体成分表作为气相中空气比例的索引时, 最好能使该表不仅可用于改变带有气体的焓而且可用于改变氢和氧的比例。焓是气体温度和比热的函数。

在所說的粉煤燃烧炉中, 某些情况下可在该燃烧炉的操作过程会因其它类型的煤而改变所要提供的煤。此外, 煤的特性如碳和氢的含量、发热量、煤渣含量等会因采煤地点而有所不同。所以, 在准备上述气相

成分中空气比例表时,最好提供图 1 所示的分析器、检查煤中诸如碳、氢和氧的元素比例、发热量等特征,并且,在将煤提供给燃烧炉中时使用与该煤的上述特征相符的气相成分中的空气比例表。

如图 2 和图 7 所示,在获得了炉内温度分布和气体成分分布之后,就进行热平衡计算 ( $S_{11}$ )。然后,根据热平衡计算的结果计算产生的蒸气量和蒸气温度 ( $S_{12}$ )。

在获得炉内温度的温度分布与气体成分分布时,可以根据获得的结果计算炉壁表面所接收到的热量。此外,可以根据所接收到的热量及传递给炉 10 内的换热器的热能来计算产生自传热管和蒸发器的蒸气量以及传热管和蒸发器的温度 ( $S_{12}$ )。此后,增加计算机 50 的计算时间 ( $S_{13}$ ),并且,判断整个的过程是否结束 ( $S_{14}$ )。如果预定的过程未结束,则处理过程返回至步骤  $S_2$  的过程。如果预定的过程结束,则在该程序处结束所说的处理过程。

依照本实施例,将炉 10 内的区域分成多个二维或三维燃烧单元,并且,在与炉 10 内燃烧有关的气体成分在气相方面达到化学平衡的情况下用恒定信息(燃烧炉结构所专有的数据)以及操作信息来计算每个燃烧单元的气体流速、气体反应、煤-气体反应以及辐射传热,然后,用计算出的结果来计算和测定炉 10 内的温度分布和气体成分分布。所以,可以缩短气体反应计算所需的时间。

在本实施例中,通过将朝向炉 10 的出口 20 的燃烧单元内的气流(速度)与气体成分相乘,可以获得未燃烧部分的数量以作为与出口 20 处的与燃烧有关的物理量。

此外,可将所计算出来的结果作为用于操作信号的基本数据并比较各个计算出的结果与对应于所述计算的各个预定值且根据比较的结果修正燃料流速和空气流速。例如,当未燃烧部分增加时,可以通过增加经由后来空气注入口 26 所注入的空气流速来减少所说的未燃烧部分。

以下说明根据在图 2 和图 7 所示的步骤中所获得的炉内状态来控制操作状态的实施例。

在计算机 50 中,计算炉 10 出口处的未燃烧部分的浓度,一氧化碳的浓度,氧的浓度以及气体的温度,并且,将计算出的结果与预定值作

比较以进行与所比较的结果相对应的控制。在这种情况下，当所计算出的结果超过一预定值时，就进行控制，因此，在其它操作的值不超过限定值的范围时，可将所比较的结果纳入到预定值的范围内。

例如，所计算出的炉 10 出口 20 处的一氧化碳浓度值超过预定值并且允许喷烧器 22 和 24 的负荷增加时，可在不会超过喷烧器 22、24 的稳定燃烧极限并且不会超过炉 10 的热分布的极限值的范围内将下层喷烧器 22 的喷烧器负荷设置得较大。通过优先对下层喷烧器 22 进行负荷设定，可以增加粉煤在燃烧炉内的停留时间并且将粉煤与空气混合起来，因此，可以减少以煤渣与一氧化碳形式排出的未燃烧部分的数量。也就是说，依照所述的测算程序，可根据计算结果了解炉 10 内的热负荷，并且可以使用所说的燃烧方法，在这种方法中，将喷烧器 22 的负荷设定在炉 10 的热负荷极限值的范围内。

然后，通过提高经由喷烧器 22、24 和后来空气注入口 26、28 注入的空气流速来进行控制以增加炉 10 内的空气比例，因此，根据所述测算程序计算出的结果会接近前述预定值。在这种情况下，最好在考虑消除 NO<sub>x</sub> 时从炉 10 的下游区域（出口内的上部部分）开始逐渐地增加空气的比例。通过按上述方式增加空气的比例，可以减少煤渣内的一氧化碳和未燃烧部分的含量，但通常会增加 NO<sub>x</sub> 的数量。

尽管继续进行控制以增加空气的比例直至所计算的结果与预定值之间的差值接近于零，但是，当这一过程中 NO<sub>x</sub> 的数量超过极限值时，可将上述控制改变成下述操作。该操作是这样一种方法，在这种方法中使提供给炉 10 的煤颗粒尺寸变小。这一点可通过根据用于设定碎煤机 42、44 状态的信号来自动地调节碎煤机 42、44 的刀片，负载和筛分器而加以实现。在使煤颗粒尺寸变小时，由于增加了可燃性，因而能减少煤渣中未燃烧部分的数量，但会增加粉碎时所需要的能量。

以下参照图 8 和图 9 说明本发明的第二实施例。

这一实施例中，在炉 10 的壁面上设置有窗口，并且在窗口处设置有摄像机 62、64，它们用于将炉 10 内的火焰状态拍成影像，从而，可通过将摄像机的输出信号输入给影像处理设备 66 而从火焰的影像中获得温度分布，并且，将结果输入给计算机 50。计算机 50 存储有与用于上述

目的算法有关的程序。本实施例的其它方面均与第一实施例相同。在图9的步骤S<sub>10</sub>与步骤S<sub>11</sub>之间增加有涉及到影像处理的步骤S<sub>51</sub>至S<sub>53</sub>。

步骤S<sub>1</sub>至S<sub>8</sub>中的计算仅仅是计算燃烧炉的状态，而不总是实现实际的燃烧炉的操作。所以，最好对实际范围内的实际的燃烧炉进行温度测定并用所测定的结果来修正步骤S<sub>1</sub>至S<sub>8</sub>的计算所获得的温度分布。周知可通过拍摄火焰的影像、将该影像转换成亮度信息并进行影像处理而测定温度分布。通过利用上述方法可以测得实际燃烧炉的温度。但是，在可安装摄像机与声传感器的燃烧炉内存在着结构上的局限性，并且，用这些传感器在炉内进行温度测定的位置也只局限于几个点。所以，步骤S<sub>1</sub>至S<sub>8</sub>的计算是必需的。

以下参照图10说明本发明的第三实施例。

这一实施例中，在设置在炉10的炉壁上的传热管68、70、72、74中，至少有传热管72、74配备了测量设备76、78，它们用于测量传热管72、74的温度或压力，并且，每个测量设备的测量值均经由一信号处理器82输入给计算机50，计算机50计算并测定附着在传热管72、74上的煤渣厚度。在所计算出的值超过一预定值时，就用吹灰器84、86、88、90除去附着在传热管72、74上的煤渣。本实施例的其它结构与图1中的相同。

当用测量设备76、78来测量传热管72、74的温度且同时用测量设备80来测量设置在炉10出口内的蒸发器18的温度时，就通过信号处理器82来处理这些信号，处理后的结果输入给计算机50。计算机50可利用来自信号处理器82的处理结果以及按上述测算程序计算出的传热量来计算和测定附着在传热管72、74上的煤渣厚度。当所计算出的结果超过一预定值时，就输出一用于驱动吹灰器风扇92的指令，因此，操作人员去启动风扇92。

当风扇92启动时，会经由气流调节器94、96、98、100将压缩空气或蒸气从风扇92提供给各个吹灰器84至90。按圆柱形的形状来形成各个吹灰器84、86、88、90，并且，在用于各个吹灰器84、86、88、90的管道的中部形成有多个喷孔。当压缩空气或蒸气因风扇92的运转而从各个喷孔中喷出时，所说的压缩空气或蒸气会除去附着在传热

管 72、74 上的煤垢。

用上述吹灰器除去煤渣利用了附着在各个传热管 72、74 上的物质与从各个吹灰器喷出的物质之间的温差所产生的热冲击，这种热冲击会影响传热管 72、74 的寿命。所以，用测量设备 78、80 所测定的值和根据所述测算程序获得的传热率来分别测算附着在各个传热管 72、74 上的煤渣厚度，并且，仅在所计算出的值超过预定值时才通过驱动风扇 92 和打开气流调节器 94、96、98、100 中的指定气流调节器来进行仅用于一指定传热管的煤渣除去操作。

以下参照图 11 说明本发明的第四实施例。

在这一实施例中，通过监控与发电机 102 相连的汽轮机 104 的入口处的温度和压力来控制所述粉煤燃烧锅炉的操作。此实施例的其它结构与图 1 中的相同。

在图 11 中，一喷雾设备 108 设在管道 106 的中部，而管道 106 则用于将蒸气从蒸发器 12 引导至汽轮机 104，并且，喷雾设备 108 根据来自供水系统控制器 110 的控制信号将来自蒸发器 12 的蒸气与从冷凝器 112 输入给供水泵 114 的水混合起来。供水泵 114 通过管道 116 与传热管 78、72 及蒸发器 18 相连。也就是说，可将炉 10 内产生的热量吸收给各个蒸发器 12、14、16、18，并且，可经由喷雾设备 108 将蒸发器 12 内产生的高温蒸气提供给汽轮机 104，从而，由热能所驱动的汽轮机 104 会驱动发电机 102。穿过汽轮机 104 的蒸气会在冷凝器 112 中变成水。因而，供水泵 114 的操作会将水或蒸气提供给传热管 72、74。

当汽轮机 104 操作时，计算机 50 会连续地测算炉 10 内的燃烧状态并根据所测定的炉 10 内气体成分分布和温度分布以及与设置在炉 10 的炉壁出口 20 内的传热管 72 的传热系数和热辐射系数有关的热物理性质来计算与提供给传热管 72、74 的水或蒸气有关的热量。此外，计算机 50 还根据提供给上述供给传热管 72、74 的水或蒸气的热量来计算传热管 72 出口处或者进入汽轮机 104 的蒸气压力和温度。将所计算出的结果作为校验信息显示给操作人员并从打印机上打印出来。依照所比较的结果，将控制信号从供水系统控制器 110 输出给喷雾设备 108 和供水泵 114。

在提供给汽轮机 104 的蒸气温度和压力高于预定值时, 汽轮机 104 的输出就会超过一预定值, 并且, 所述蒸气的温度和压力会超过构成汽轮机的材料的容许值, 从而, 该材料会出现疲劳和断裂。另一方面, 在所述蒸气的温度和压力低于前述预定值时, 蒸气就会因温度和压力的降低而在汽轮机 104 内冷凝, 因而会出现汽轮机材料腐蚀以及不正常振动的现象。即使所述蒸气的温度和压力处于预定值的范围之内, 但在该蒸气温度和压力有较大波动时, 汽轮机 104 的寿命会因材料的热疲劳而缩短。所以, 必须控制喷雾器 108 的操作以便减少蒸气温度和压力的波动。

为了能使所述喷雾设备有效地进行操作, 在本实施例中, 可根据按所述测算程序计算出的结果来了解炉 10 内的燃烧状态并计算提供给传热管 72、74 的水或蒸气所吸收的热量, 并且, 根据所计算出的结果来测算流进汽轮机内的蒸气压力和温度, 从而, 可根据所测算出的结果来控制喷雾设备 108 和供水泵 114, 并且, 控制提供给喷烧器 22、24 的燃料供给率。

通过用按上述测算程序所计算出的结果来控制提供给喷烧器 22、24 的燃料供给率以及提供给传热管 72、74 的供水流速, 可以在减少喷雾设备 108 使用频率的情况下将汽轮机 104 入口处的蒸气压力和温度保持于所说的预定值。例如, 在预计汽轮机 104 的入口侧的蒸气的压力和温度会超过预定值时, 可以通过向供水泵 114 输入一操作命令以提高向传热管 74 供水的供水流速, 从而将所说的温度抑制在预定值的范围内。在这种情况下, 通过控制向喷烧器 22、24 提供燃料的燃料供给速率, 可以在满足诸如热应力的限制条件的情况下获得较高的负荷反应。

以下参照图 12 说明本发明的第五实施例。

在这一实施例中, 发电机 102 与汽轮机 104 及汽轮机 118 相连, 并且, 提供有喷雾设备 108 和喷雾设备 120。经由管道 122 和喷雾设备 120 将来自蒸发器 12 的蒸气提供给汽轮机 118, 经由管道 124 和喷雾设备 108 将来自传热管 72 的蒸气提供给汽轮机 104, 经由管道 126 将来自供水泵 114 的水提供给传热管 124, 经由分支阀(流量控制阀) 128 和管道 130 将来自供水泵 114 的水提供给蒸发器 18。本实施例的其它结构与图 11 的相同。将来自供水系统控制器 110 的控制信号提供给喷雾设备 108、

120,同时还提供给供水泵 114 和分支阀 128。此外,汽轮机的入口经由管道 130 与蒸发器 18 相连。

在本实施例中,可根据按上述测算程序计算出的结果了解炉 10 内的燃烧状态并计算出流经传热管 72、74 的水或蒸气的热量,并根据计算的结果来测算出流进汽轮机 104、118 的蒸气的压力和温度,同时,利用测算出的结果来控制提供给喷烧器 22、24 的燃料量以及提供给传热管 74 和蒸发器 18 的水量。由此,可在减少喷雾设备 108、120 的使用频率的情况下将汽轮机 104、118 入口处的压力和温度保持于预定值。

此外,本实施例中,在通过使上层喷烧器 24 停止运转而使得所述粉煤燃烧锅炉以不完全负荷的方式进行操作时,可以控制分支阀 128 的开启。也就是说,在不完全负荷的操作过程中,存在着这样的现象即:炉 10 内的吸热量会变大,而设置在炉 10 出口 20 处的蒸发器 18 的吸热量则会变小。在这种情况下,从各传热管 72、74 所获得的蒸气的压力和温度会产生波动。但是,依照本实施例,由于可以根据所述测算程序的计算结果来了解各传热管 72、74 内的吸热量,所以,即使在有不同温度 and 不同压力的蒸气流进各个汽轮机 104、118 内时,也可以测算出各汽轮机 104、118 入口处的温度和压力。当所测算出的结果偏离预定值时,就例如通过操纵分支阀 128 而增加向传热管 74 供水的供水流速并减小向蒸发器 18 供水的供水流速来将各汽轮机 104、118 入口处的温度和压力保持于所说的预定值。

上述实施例说明了一侧燃烧式的粉煤燃烧锅炉,在这种锅炉中,喷烧器 22、24 设置在炉 10 的炉壁的一侧。但是,本发明也适用于对置燃烧式燃烧炉或四角燃烧式燃烧炉,在对向燃烧式燃烧炉中,以相对置的方式设置有多个喷燃器,而在四角燃烧式燃烧炉中,则会在燃烧炉中沿水平方向形成有涡流。

煤渣中的一氧化碳量和未燃烧部分的数量有时会在负荷改变的过程中急剧地改变并超过极限值。特别是在喷燃器转换操作的情况下,当粉煤管道(连在碎煤机 42 或 44 与喷烧器 22 或 24 之间的粉煤传送管)内的粉煤伴随着喷燃器的喷燃与停止操作时,煤渣中的一氧化碳量和未燃烧部分的数量就可能超过极限值。图 13 是显示在炉 10 内设置有具有三

层结构的喷燃器并且第一层中的喷燃器的操作随负荷的减小而停止时的炉 10 内的一氧化碳浓度的变化情况的一个实例。当标号  $R_2$  所示的喷燃器停止时，通常通过将空气以脉动的方式注入粉煤管而释放该粉煤管内的粉煤，以防止存留在该粉煤管中的粉煤发生粉尘爆炉或不正常的燃烧。这时，可立即将高浓度的粉煤释放到炉 10 内。所以，炉 10 内的空气比例会立刻降低。因此，煤渣中的 CO 浓度和未燃烧部分的浓度会有所增加。就阻止煤渣中 CO 浓度和未燃烧部分的浓度增加的方法而言，业已存在有提高后来空气注入口内的空气流速的方法。但是，对于适当地注入空气来说，很难协调时间的分配。

通过进行本发明的测算计算，可以靠预测从后来空气注入口中注入剩余的粉煤与将注入的粉煤和空气混合起来之间的时滞来增加和减少后来空气注入口处的空气量，并且，可以用图中标号 a 和 b 所示的最少空气需要量来将煤渣中 CO 量和未燃烧部分的数量减至极限值以下。

如上所述，依照本发明，在根据燃烧炉结构所特有的数据以及操作信息来计算各燃烧单元中流体流量，气体反应，煤-气体反应和辐射传热时，可以在达到化学平衡的状态下计算所说的气体反应。所以，可简化气体反应计算，因此，能快速地测算出燃烧状态。

此外，依照本发明，可以通过查找用气相中空气比例和气相中的焓的索引而获得气体成分的表来计算气体反应。所以，可进一步地简化气体反应计算。

图.1

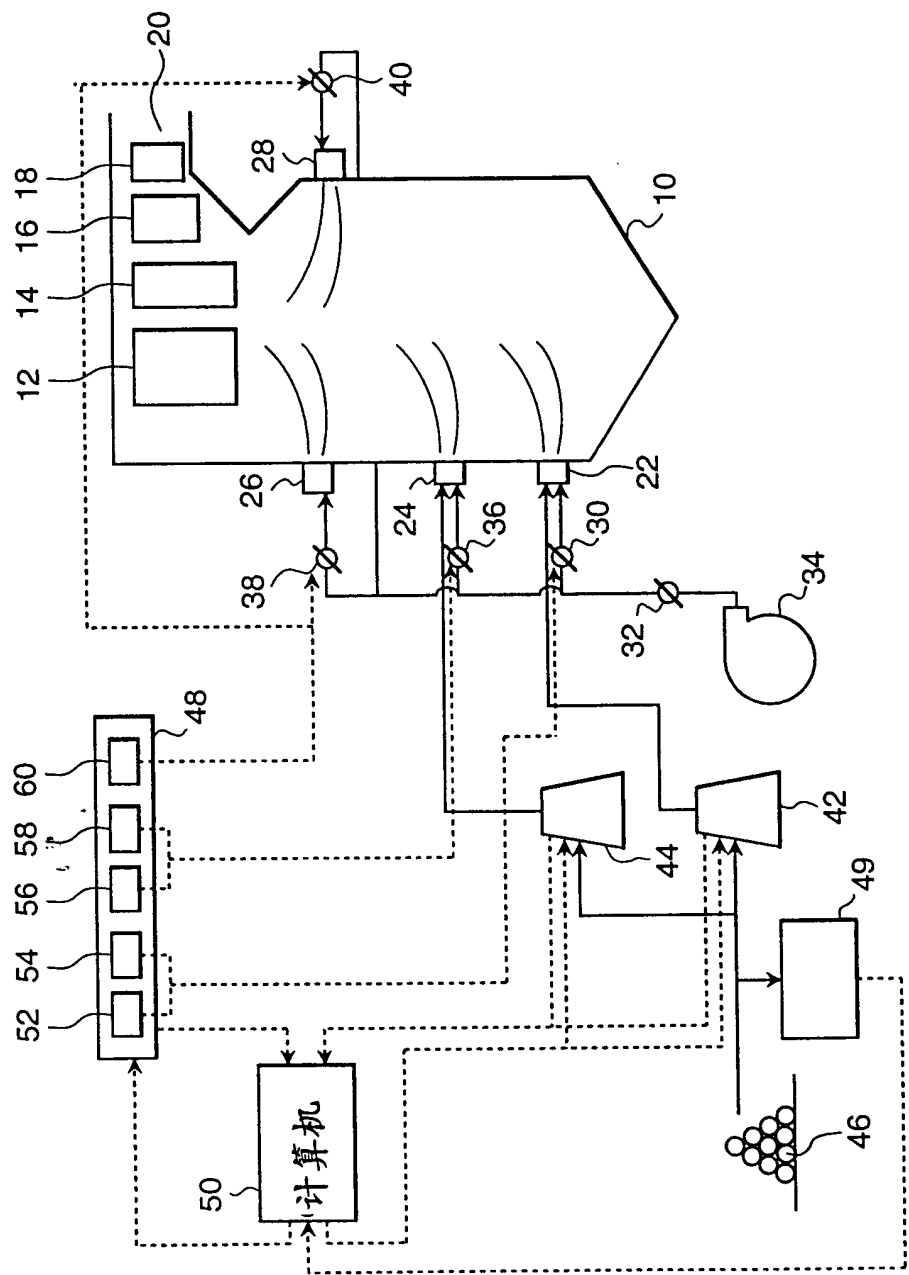


图.2

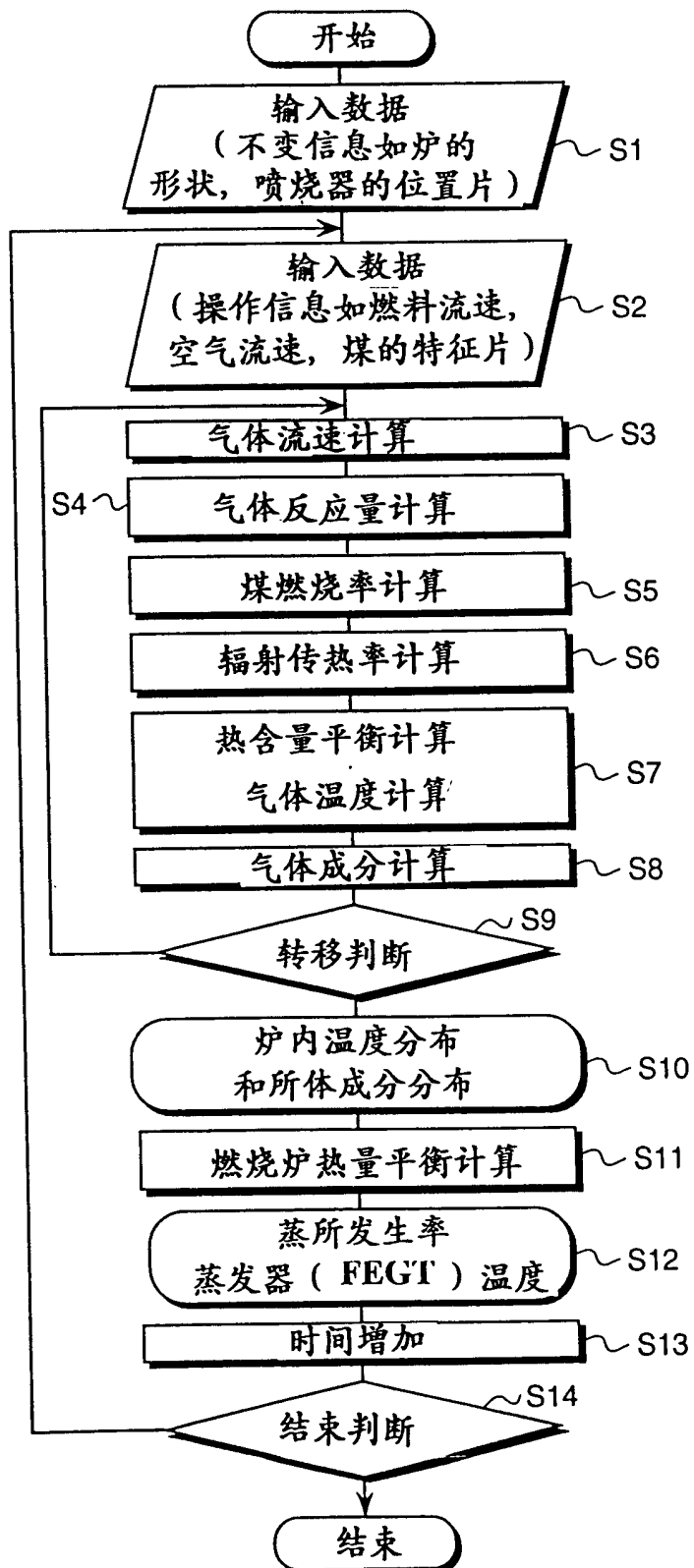


图.3

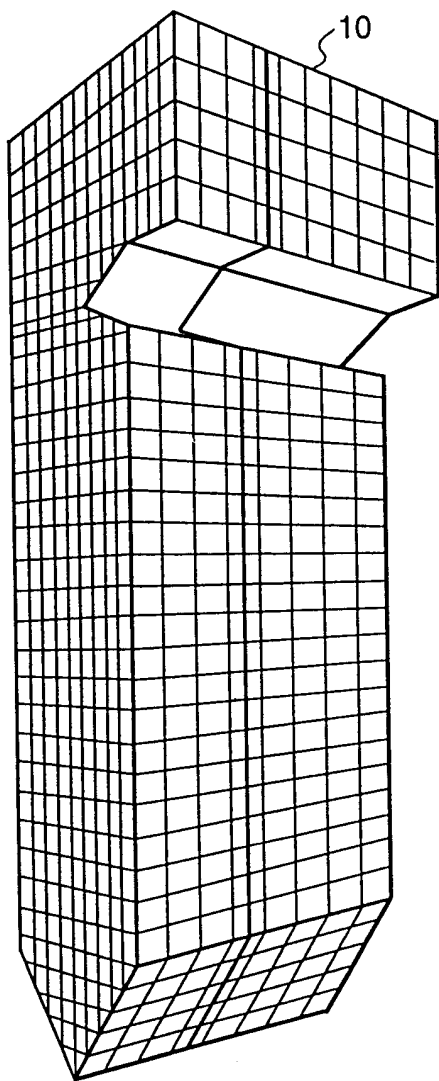


图.4

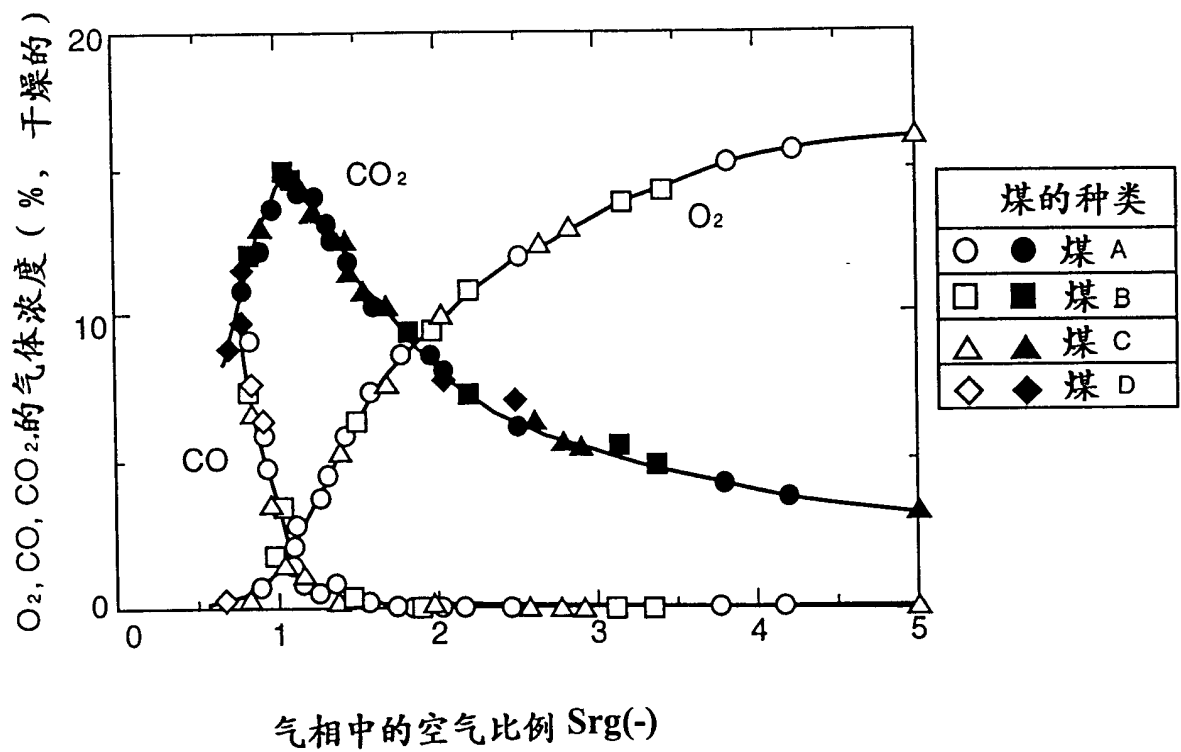


图.5

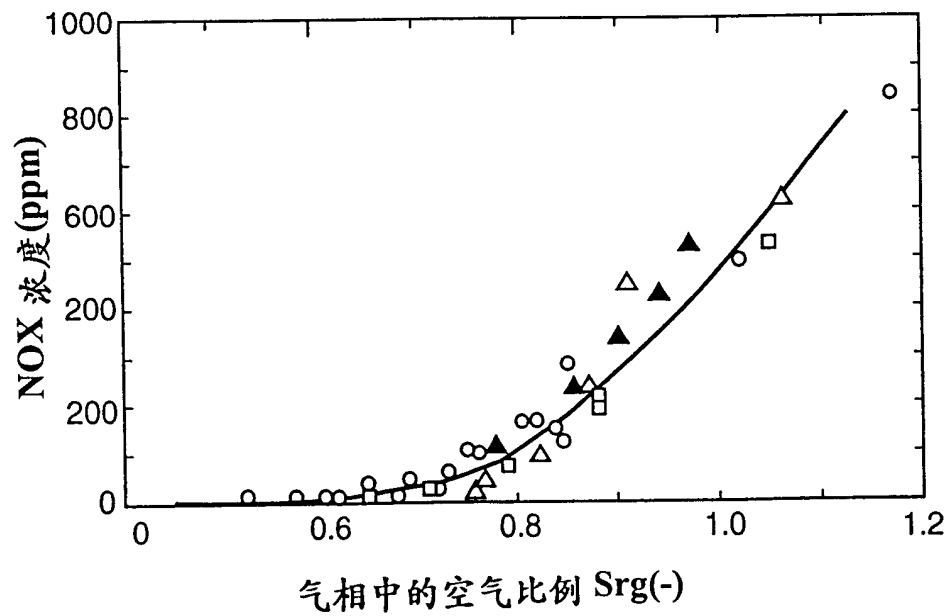


图.6

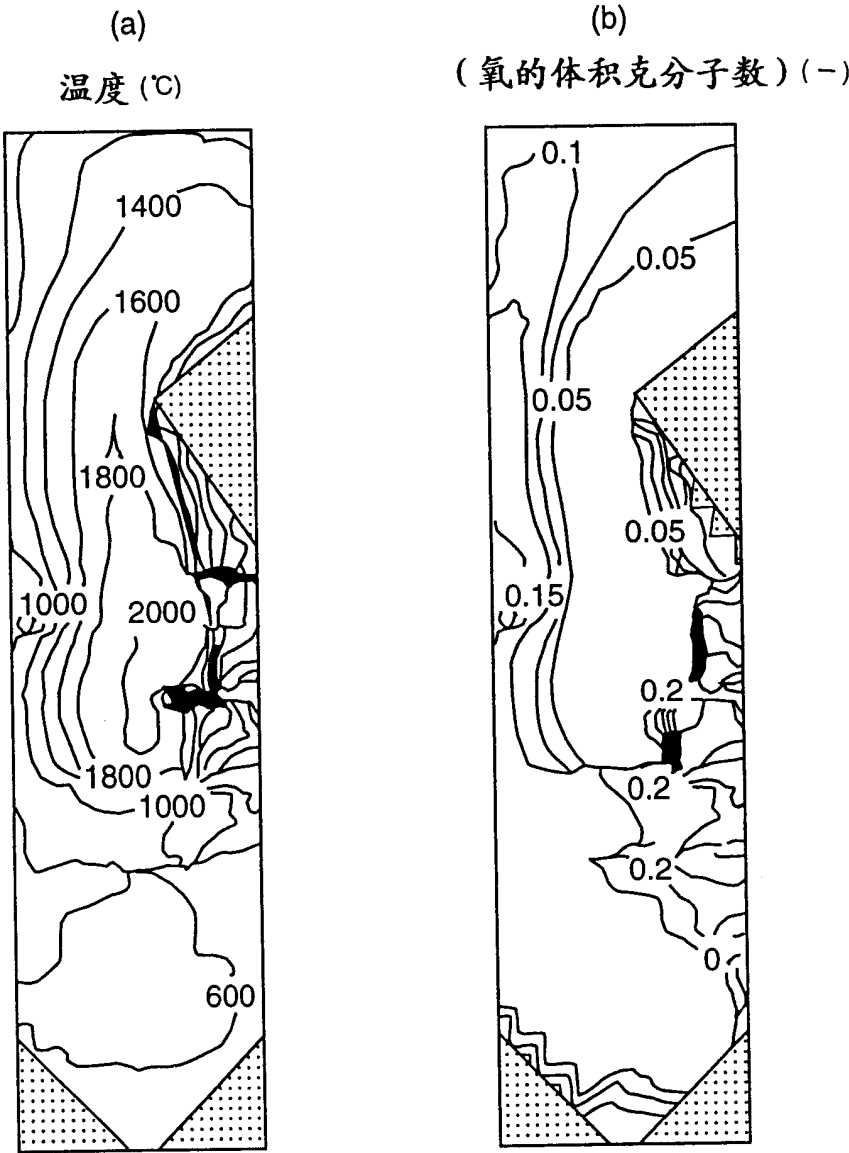


图.7

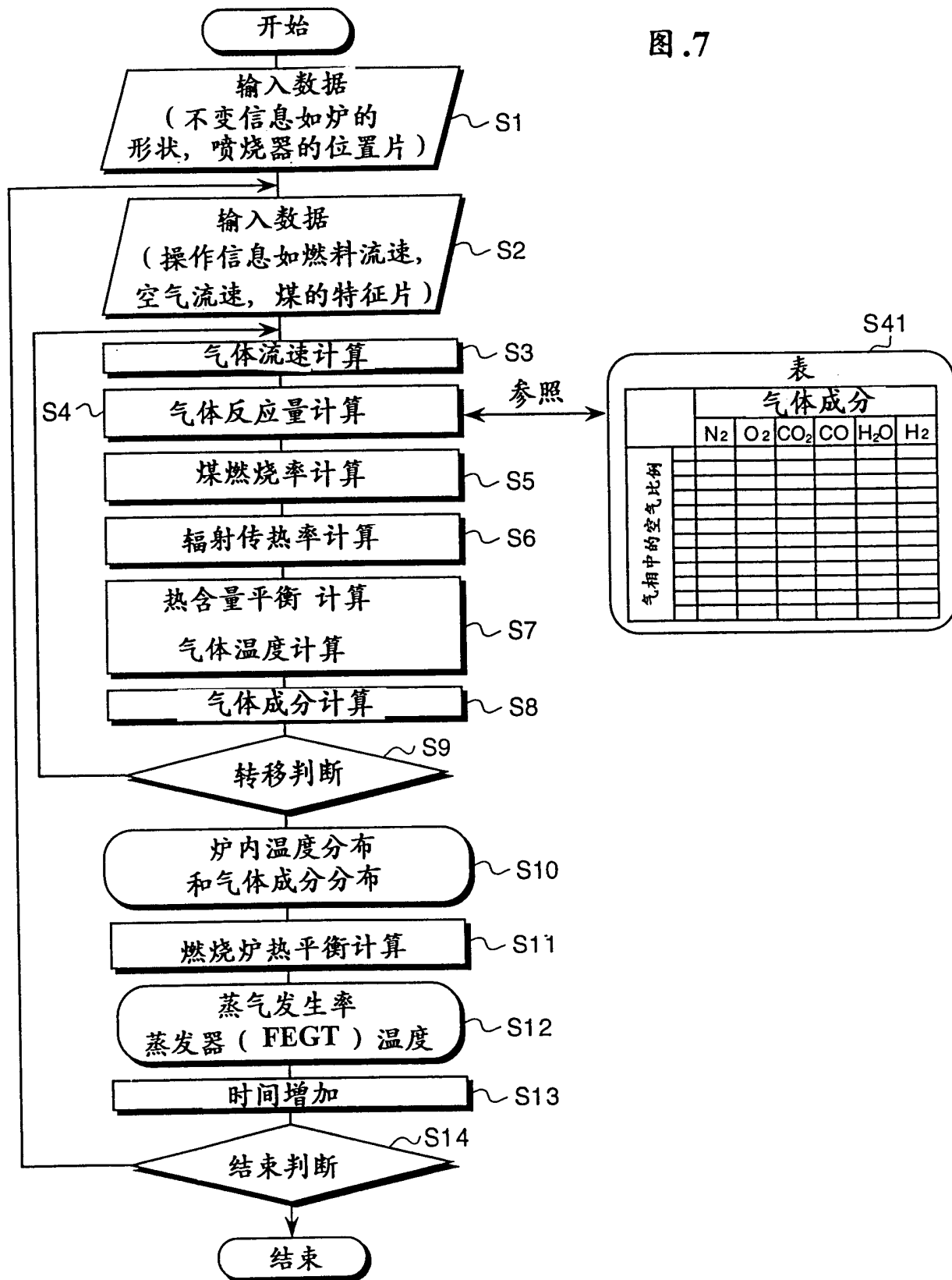




图.9

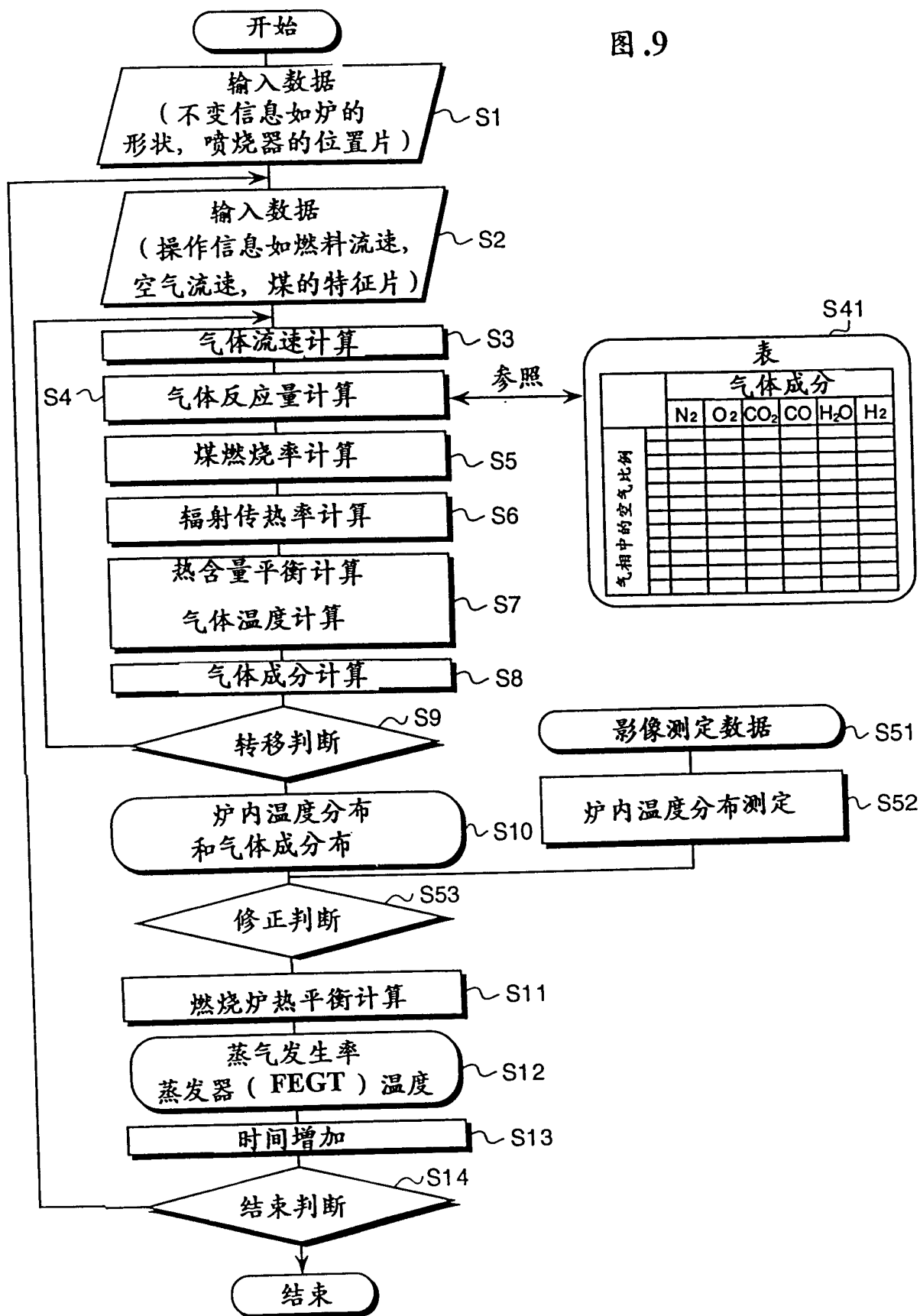


图.10

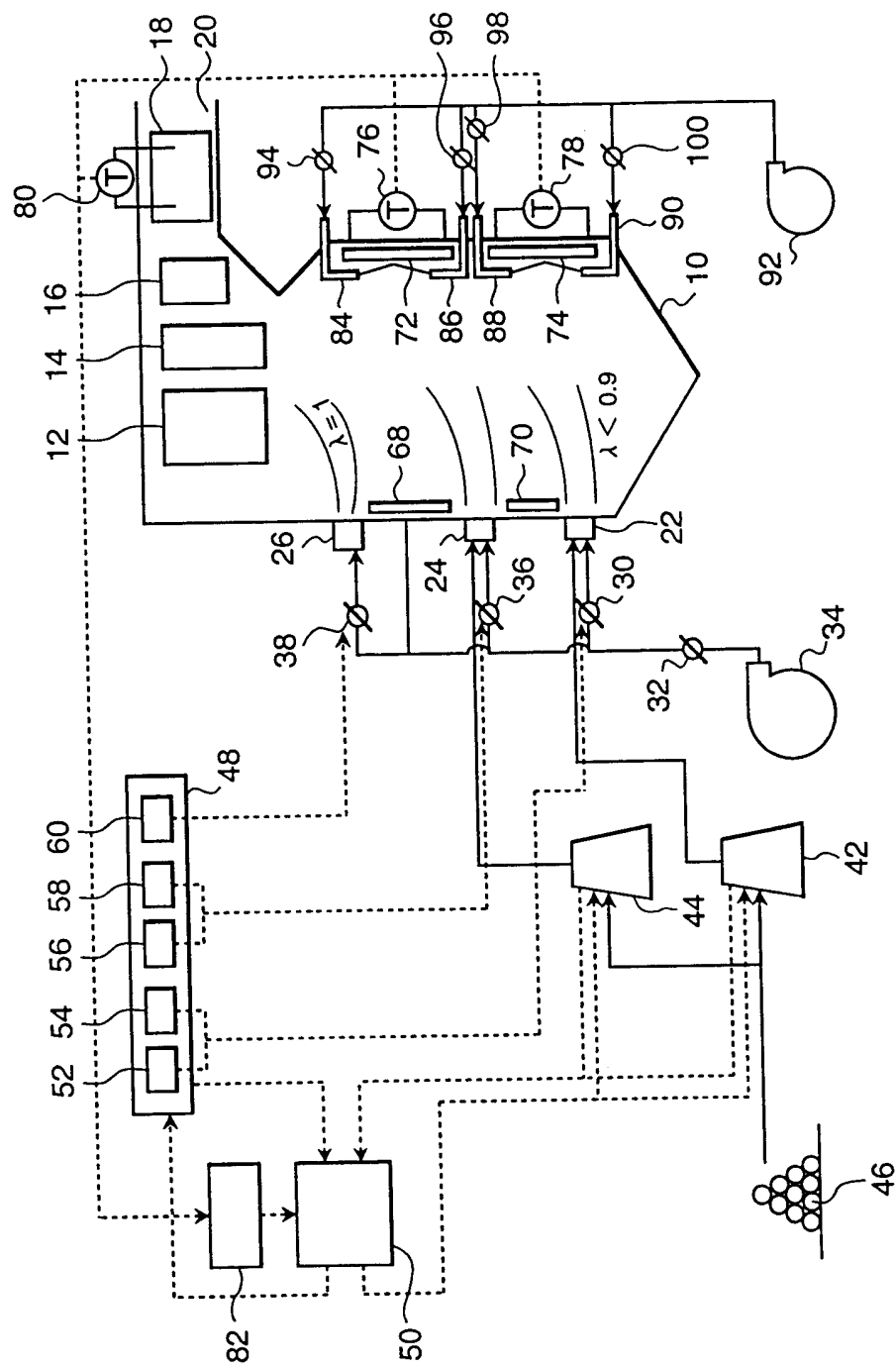


图.11

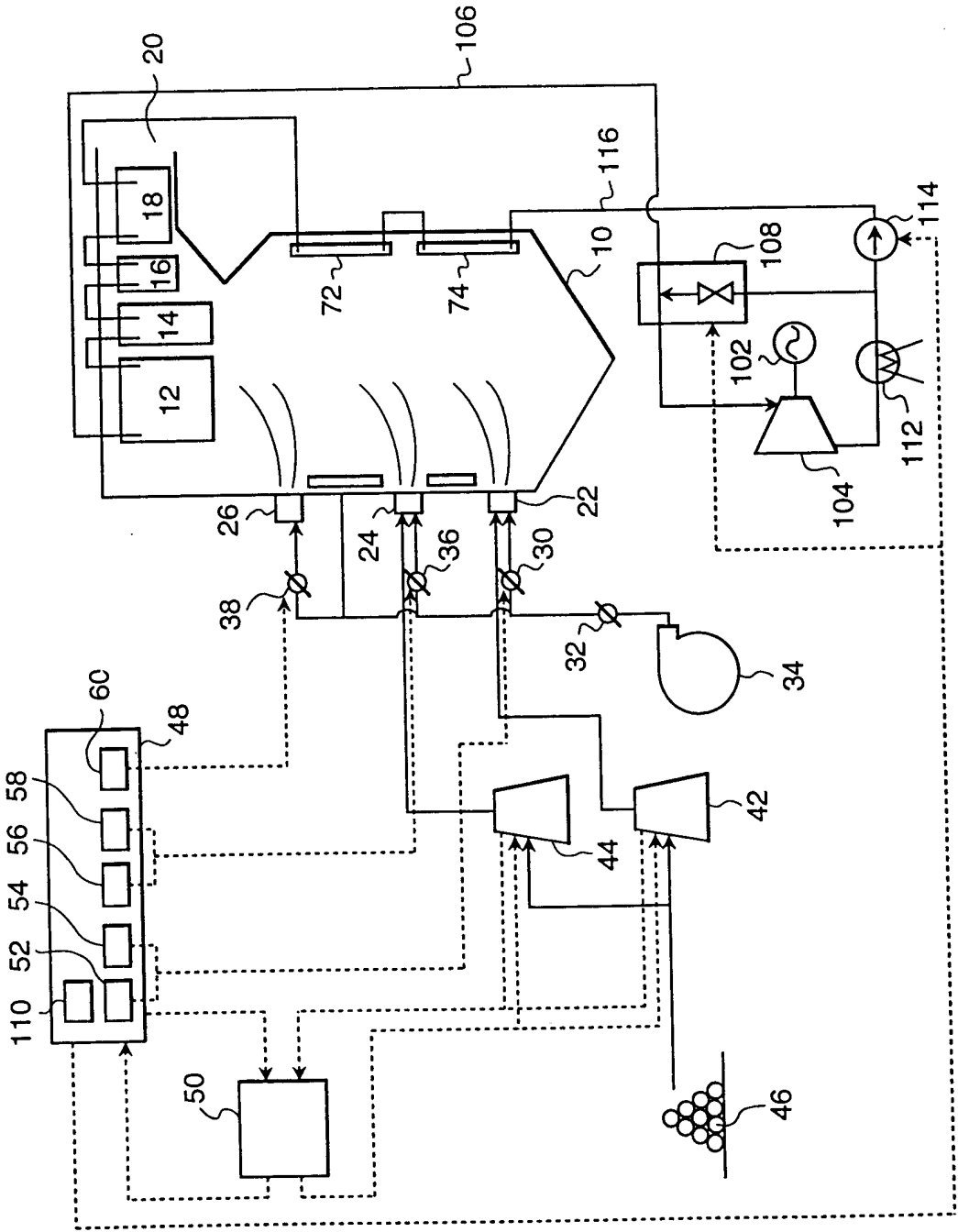


图.12

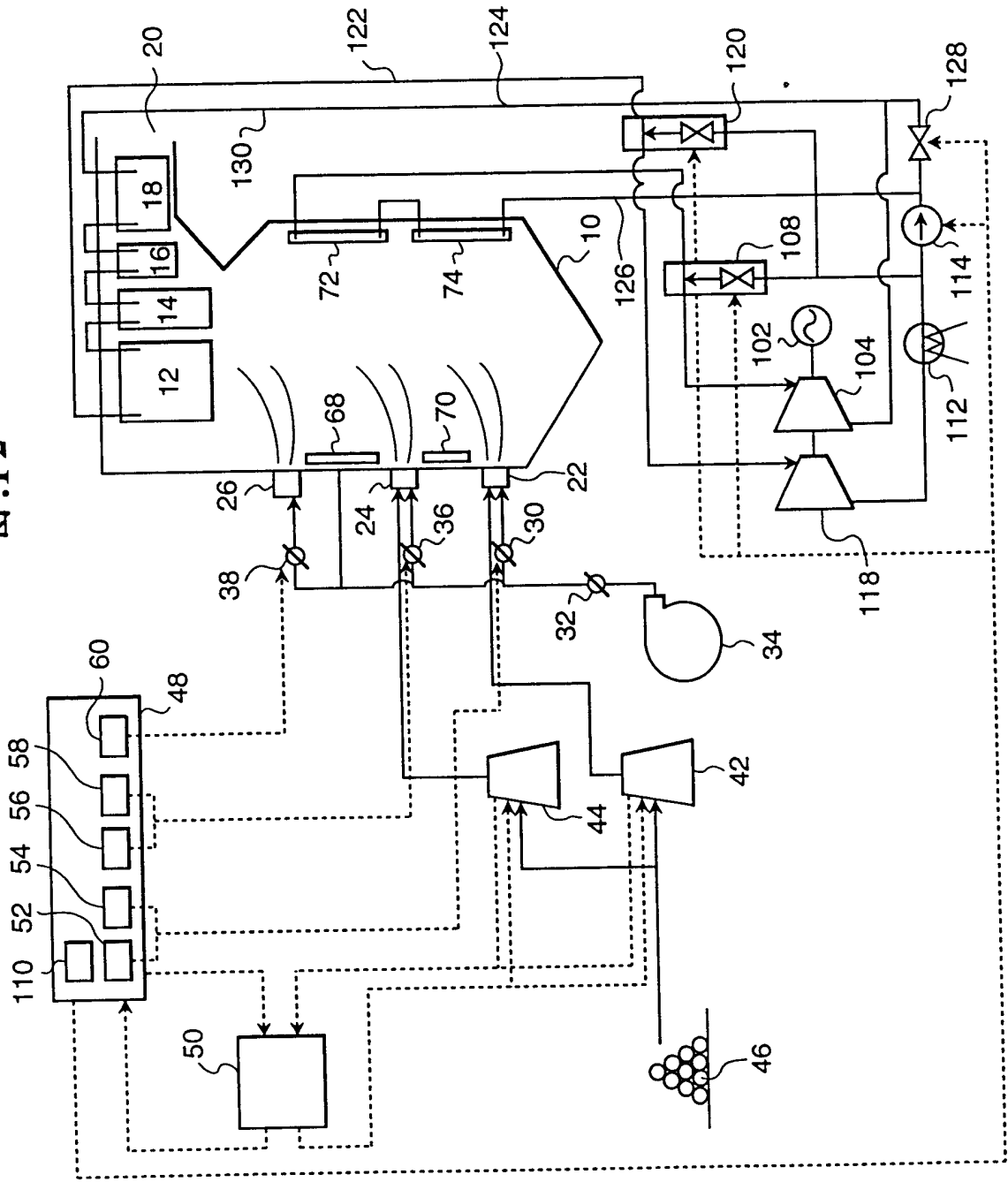


图.13

