

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510020140.6

F23N 5/00 (2006.01)
G06F 19/00 (2006.01)
G06F 17/00 (2006.01)
G01N 25/00 (2006.01)
G01N 33/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 4 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 1308621C

[22] 申请日 2005.1.6

[21] 申请号 200510020140.6

[73] 专利权人 桂林电子工业学院

地址 541004 广西壮族自治区桂林市金鸡路 1 号

[72] 发明人 党选举 谭永红 陈 辉

[56] 参考文献

CN1265729A 2000.9.6

CN1080880A 1994.1.19

CN2120283U 1992.10.28

US6042365A 2000.3.28

审查员 张旭东

[74] 专利代理机构 桂林市持衡专利商标事务所有
限公司
代理人 欧阳波

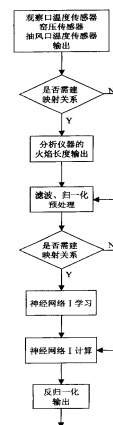
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

[54] 发明名称

以重油为燃料的工业熔炉燃烧状态的测算方法

[57] 摘要

本发明以重油为燃料的工业熔炉燃烧状态的测算方法，用含氧量及火焰长度测算值判断燃烧状态。用常规仪器测量观察口抽风口温度和窑压，与图像设备所测火焰长度送入三输入单输出、n 个节点的神经网络 I，神经网络 I 通过学习，得到输入信号和火焰长度的非线性关系和神经网络参数。即可只用常规仪表所测值经神经网络 I 计算火焰长度。常规仪器所测的观察口温度、窑压和抽送风量测量值和分析仪器所测的含氧量送入四输入单输出、m 个节点的神经网络 II，得含氧量测算公式和参数。即可只用常规仪表所测值经神经网络 II 计算含氧量。本法适用于各种高温工业窑炉，性能可靠，特别适用于玻璃窑炉熔炉；测算速度快，适于实时控制；使用常规仪表，测量成本低。



1 一种以重油为燃料的工业熔炉燃烧状态的测算方法，是通过对火焰长度和含氧量的测算值来确定燃烧状态；其特征为：

火焰长度测算方法为：

安装观察口温度传感器、窑压传感器和抽风口温度传感器，分别测量温度 T_1 、 T_2 和压力值 P ；设置神经网络 I，其为三输入、单输出的函数映射关系，共有三层，中间层有 n 个隐含节点；温度压力的三个测量值送入含 A/D D/A 的嵌入式计算机，对各个输入信号滤波预处理和归一化处理，之后送入神经网络 I；与此同时，图像设备得到的实际的火焰长度，也送入神经网络 I；神经网络 I 通过最速下降学习，得到 3 个输入信号和火焰长度的非线性关系，得到神经网络参数，即仪表常数 w_1 、 w_2 、 w_3 和 b ，结果如式 A：

$$y_1 = f\left(\sum_{i=1}^n f(w_{i1}T_1 + w_{i2}P + w_{i3}T_2) + b_i\right) \quad A,$$

$$\text{其中 } f(x) = \frac{1}{(1+e^{-x})},$$

得到仪表常数后，撤除图像设备，观察口温度传感器、窑压传感器和抽风口温度传感器测量的温度 T_1 、 T_2 和压力值 P ，送入神经网络 I，用式 A 计算火焰长度 y_1 ，此结果经反归一化处理输出；

含氧量测算方法为：

安装观察口温度传感器和窑压传感器，在窑炉的抽风口和送风口分别安装变频器，测量表示抽风量和送风量的频率 Q_1 、 Q_2 ；设置神经网络 II，其为四输入、单输出的函数映射关系，共有四层，中间层有 m 个隐含节点；温度、压力和风量频率的四个测量值送入含 A/D D/A 的嵌入式计算机，对各个输入信号滤波预处理和归一化处理，之后送入神经网络 II；与此同时，分析仪器氧化锆传感器测得的实际含氧量，也送入神经网络 II；神经网络 II 通过最速下降学习，得到 4 个输入信号和含氧量的非线性关系，并对应得到神经网络参数，即仪表常数 w_4 、 w_5 、 w_6 、 w_7 和 b ，结果如式 B：

$$y_2(k) = f\left(y_2(k-1), \sum_{j=1}^m f'(w_{j4}T_1 + w_{j5}P + w_{j6}Q_1 + w_{j7}Q_2) + b'_j\right) \quad B$$

$$\text{其中 } f'(x) = \frac{1}{(1+e^{-x})}$$

神经网络 II 计算得到的前一时刻的含氧量值 $y_2(k-1)$ 反馈回神经网络 II;

得到仪表常数后, 撤除分析仪器氧化锆传感器, 观察口温度传感器、窑压传感器和抽风口和送风口的变频器测量的温度 T_1 、压力值 P 和频率 Q_1 、 Q_2 , 送入神经网络 II, 用式 B 计算含氧量 y_2 , 此结果经反归一化处理输出。

2 根据权利要求 1 所述的以重油为燃料的工业熔炉燃烧状态的测算方法, 其特征为:

所述的神经网络 I 的 n 为大于 8 小于 20 的整数。

3 根据权利要求 1 所述的以重油为燃料的工业熔炉燃烧状态的测算方法, 其特征为:

所述的神经网络 I 的 n 为 10。

4 根据权利要求 1 所述的以重油为燃料的工业熔炉燃烧状态的测算方法, 其特征为:

所述的神经网络 II 的 m 为大于 8 小于 20 的整数。

5 根据权利要求 1 所述的以重油为燃料的工业熔炉燃烧状态的测算方法, 其特征为:

所述的神经网络 II 的 m 为 10。

以重油为燃料的工业熔炉燃烧状态的测算方法

(一) 技术领域

本发明涉及燃烧状态的测量方法，具体为以重油为燃料的工业熔炉燃烧状态的测算方法。

(二) 技术背景

以重油为燃料的工业熔炉，要对炉内温度进行有效控制，同时燃烧的状态与节能和对环境的影响也有着很大的关系，所以必须对燃烧的状态，即是否充分燃烧，进行测量或估计。一般确定燃烧状态是用火焰长度和含氧量两个参数。燃烧火焰的长度过短，燃烧不充分，不利于节能，且排出烟气中颗粒物多，污染环境。而火焰长度过长，冲击窑壁，会降低窑炉使用寿命。火焰长度要保持在一定数值范围内。而熔炉内空气含氧量过低或过高，都会使重油燃烧不充分，要达到最佳的完全燃烧，含氧量要控制在一定范围内。所以，火焰的长度和含氧量是工业窑炉控制燃烧状态的两个重要的参数。

目前，火焰的长度通常采用图像处理的方法进行测量，而火焰图像探测设备价格昂贵。特别是在高温，如在 1200 度以上的环境下，此类设备的实际应用中尚不成熟。

含氧量常用氧化锆传感器进行测量。它是属于分析仪器，不仅价格高，而且在工业窑炉的实际现场应用中，其寿命过短，实时性和可靠性也难以保证。

(三) 发明内容

本发明提供的以重油为燃料的工业熔炉燃烧状态的测算方法，是通过火焰长度和含氧量的测算来确定燃烧状态。本方法使用常规的高温辐射传感器、压力传感器，在窑炉观察口对温度、窑压等进行在线测量，通过计算机神经网络智能计算，测定窑炉内燃烧空气的含氧量及燃烧火焰的长度，从而较准确判断窑炉燃烧状态。

当窑炉内火焰长度变长时，窑压过大，或是观察口、抽风口温度偏高；

当火焰长度变短时，观察口或抽风口的温度过低。因此火焰长度是观察口温度 T_1 ，窑压 P ，抽风口的温度 T_2 的函数。火焰长度 y_1 可表示为：

$$y_1 = F_1 (T_1, P, T_2)$$

用分析仪器得到实际的火焰长度，同时安装观察口温度传感器、窑压传感器和抽风口温度传感器，测量温度 T_1 、 T_2 和压力值 P ，送入计算机内的神经网络 I，通过最速下降学习，得到 3 个输入信号和火焰长度之间的非线性关系，并得到神经网络参数，即仪表常数 w_1 、 w_2 、 w_3 和 b ，结果如下式：

$$y_1 = f\left(\sum_{i=1}^n f(w_{i1}T_1 + w_{i2}P + w_{i3}T_2) + b_i\right),$$

$$\text{其中 } f(x) = \frac{1}{(1 + e^{-x})},$$

x 为函数 f 的自变量。

神经网络 I 是一个三输入、单输出的函数映射关系，共有三层，中间层有 n 个隐含节点，输入的矢量信号在 n 维空间展开，再通过输出层非线性叠加，得到火焰长度 y_1 。

有了仪表常数后，观察口温度传感器、窑压传感器和抽风口温度传感器测量的温度 T_1 、 T_2 和压力值 P ，送入神经网络，用公式计算火焰长度

$$y_1 = f\left(\sum_{i=1}^n f(w_{i1}T_1 + w_{i2}P + w_{i3}T_2) + b_i\right),$$

$$\text{其中 } f(x) = \frac{1}{(1 + e^{-x})}.$$

经测定，含氧量低时，燃烧不充分，窑炉内压力低；含氧量过高时，燃烧也不充分，或空燃比未达到最佳，此时窑炉内压力过高。含氧量过低或过高时在观察口的温度均比较低。含氧量 y_2 是观察口温度 T_1 ，及与窑炉内压力相关的窑压 P 、抽风量 Q_1 、送风量 Q_2 的函数，用下式表达：

$$y_2 = F_2 (T_1, P, Q_1, Q_2)$$

用分析仪器测定实际的含氧量，同时安装观察口温度传感器、窑压传感器，测量温度 T_1 和窑炉内压力值 P ，在窑炉的抽风口和送风口分别安装

变频器，测量表示抽风量和送风量的频率 Q_1 、 Q_2 ，将 4 个输入信号送入计算机内的神经网络 II，通过最速下降学习，得到 4 个输入信号和含氧量的非线性关系和对应的神经网络 II 参数，即仪表常数 w_4 、 w_5 、 w_6 、 w_7 和 b 。k 为当前的采样时间。

$$y_2(k) = f'(y_2(k-1), \sum_{j=1}^m f'(w_{j4}T_1 + w_{j5}P + w_{j6}Q_1 + w_{j7}Q_2) + b'_j)$$

$$\text{其中 } f'(x) = \frac{1}{(1+e^{-x})}$$

神经网络 II 是一个四输入、单输出的函数映射关系，共有四层，中间层有 m 个隐含节点，输入的矢量信号在 m 维空间展开，再通过输出层非线性叠加，得到含氧量 y_2 。前一时刻神经网络 II 计算得到的含氧量值 $y_2(k-1)$ 反馈回神经网络 II，以体现映射的动态特性。

得到仪表常数 w_4 、 w_5 、 w_6 、 w_7 和 b 后，观察口温度传感器测量的温度 T_1 和窑压传感器测量的压力值 P ，抽风口、送风口变频器测量风量所得的频率 Q_1 、 Q_2 送入神经网络 II，即可用公式计算含氧量，

$$y_2(k) = f'(y_2(k-1), \sum_{j=1}^m f'(w_{j4}T_1 + w_{j5}P + w_{j6}Q_1 + w_{j7}Q_2) + b'_j)$$

$$\text{其中 } f'(x) = \frac{1}{(1+e^{-x})}$$

本发明提供的工业熔炉火焰长度和含氧量的测算方法优点为：1、采用常规的在线测量仪表，如高温辐射计、热电偶等，测量结果经计算机内的神经网络估算，得到燃烧状态的主要参数，适用于各种高温工业窑炉，其性能可靠，特别适用于温度高于 1200 度的玻璃窑炉熔炉的燃烧状态测算；2、采用神经网络智能计算，与具有较大滞后的在线分析仪器和图像处理仪器比较，反应速度快，适合用于实时控制；3、无须增加特殊的火焰长度及燃烧状态分析仪器，采用性能可靠的常规仪表测定的结果通过神经网络智能计算得到的非线性公式，即可计算得到火焰长度和含氧量，测量成本低。

(四) 附图说明

图 1 为本发明测量工业熔炉内火焰长度的方法框图；

图 2 为本发明测量工业熔炉内含氧量的方法框图。

(五) 具体实施方式

本发明的以重油为燃料的工业熔炉燃烧状态的测量方法，是通过对火焰长度和含氧量的测量来确定燃烧状态。

火焰长度测量方法的具体实施例如图 1 所示，安装观察口温度传感器、窑压传感器和抽风口温度传感器，分别测量温度 T_1 、 T_2 和压力值 P ，设置神经网络 I，其为三输入、单输出的函数映射关系，共有三层，中间层有 n 个隐含节点。温度压力的三个测量值送入含 A/D D/A 的嵌入式计算机，对各个输入信号滤波预处理和归一化预处理，之后送入计算机内的神经网络 I。与此同时，图像设备得到的实际的火焰长度，也送入神经网络 I。神经网络 I 通过最速下降学习，得到 3 个输入信号和火焰长度的非线性关系，并对应得到神经网络参数，即仪表常数 w_1 、 w_2 、 w_3 和 b ，结果如式 A：

$$y_1 = f\left(\sum_{i=1}^n f(w_{i1}T_1 + w_{i2}P + w_{i3}T_3) + b_i\right) \quad A,$$

$$\text{其中 } f(x) = \frac{1}{(1+e^{-x})},$$

得到映射关系和仪表常数后，撤除图像设备。观察口温度传感器、窑压传感器和抽风口温度传感器测量的温度 T_1 、 T_2 和压力值 P ，送入计算机后，计算机判断无需再建立映射关系，即直接对信号处理送入神经网络 I，用式 A 计算火焰长度 y_1 ，此结果经反归一化处理输出。

本法测定火焰长度，无需图像处理和计算，一般电信号的处理，迅速得到结果。

对于同类同量程的传感器神经网络的仪表常数 w_1 、 w_2 、 w_3 和 b 是相同的。但用于不同场合时，或更换不同类型的仪表时，先要如上述用图像设备得到实际的火焰长度值送入神经网络 I 得到新的仪表常数。

神经网络 I 的 n 为大于 8 小于 20 的整数，根据经验最佳为 10。

含氧量测量方法的具体实施例如图 2 所示，安装观察口温度传感器和窑压传感器，在窑炉的抽风口和送风口分别安装变频器，测量表示抽风量

和送风量的频率 Q_1 、 Q_2 。计算机内有神经网络 II，其为四输入、单输出的函数映射关系，共有四层，中间层有 m 个隐含节点。温度、压力和风量频率的四个测量值送入含 A/D D/A 的嵌入式计算机，对各个输入信号滤波预处理和归一化预处理，之后送入神经网络 II。与此同时，分析仪器氧化锆传感器测得的实际含氧量，也送入神经网络 II。神经网络 II 通过最速下降学习，得到 4 个输入信号和含氧量的非线性关系，并对应得到神经网络参数，即仪表常数 w_4 、 w_5 、 w_6 、 w_7 和 b ，结果如式 B:

$$y_2(k) = f'(y_2(k-1), \sum_{i=1}^m f'(w_{j4}T_1 + w_{j5}P + w_{j6}Q_1 + w_{j7}Q_2) + b_j) \quad B$$

$$\text{其中 } f'(x) = \frac{1}{(1+e^{-x})}$$

前一时刻神经网络 II 计算得到的含氧量值 $y_2(k-1)$ 反馈回神经网络 II，体现映射的动态特性。

得到仪表常数后，撤除分析仪器氧化锆传感器，观察口温度传感器、窑压传感器和抽风口和送风口的变频器测量的温度 T_1 、压力值 P 和频率 Q_1 、 Q_2 送入计算机后，计算机判断无需再建立映射关系，即直接对信号处理送入神经网络 II，用式 B 计算含氧量 y_2 ，此结果经反归一化处理后输出。

本法测定含氧量无需化学反应过程，一般的电信号处理，反应迅速。

与火焰长度测量相似，用于不同场合时，或更换不同类型的仪表时，先要如上述用图像设备得到实际的含氧量值送入神经网络 II 得到新的仪表常数。

神经网络 II 的 m 为大于 8 小于 20 的整数，最佳为 10。

本法用于玻璃窑炉中熔炉的燃烧状态测算，并将本法的测算结果用于实际温度控制，熔炉内燃烧平稳，熔融玻璃的温度保持于正负 ± 2 度的稳定范围内，保证了高品质玻璃器皿的生产。

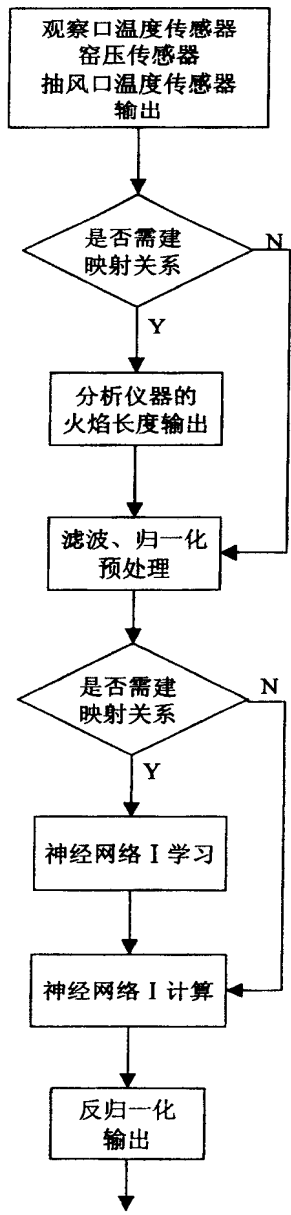


图1

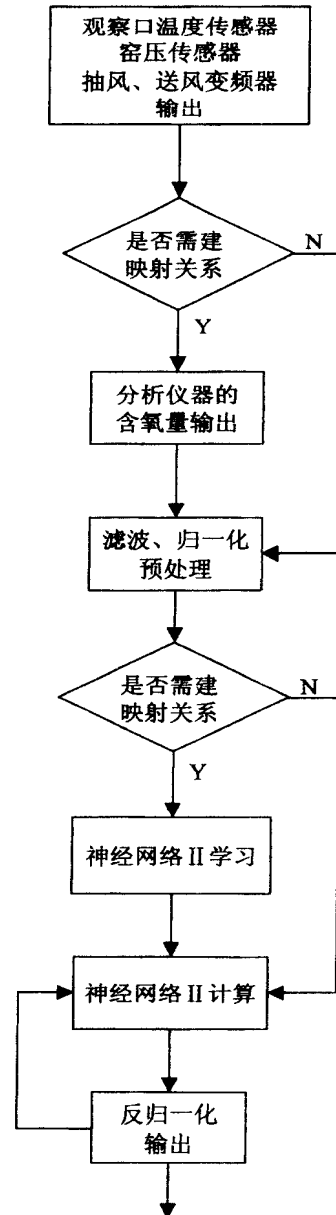


图2