



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107861911 A

(43)申请公布日 2018.03.30

(21)申请号 201711050194.6

(22)申请日 2017.10.31

(71)申请人 中北大学

地址 030051 山西省太原市学院路3号

(72)发明人 史元浩 庞晓琼 温杰 崔方舒

(74)专利代理机构 北京世誉鑫诚专利代理事务  
所(普通合伙) 11368

代理人 魏秀枝

(51)Int.Cl.

G06F 17/11(2006.01)

G06F 17/50(2006.01)

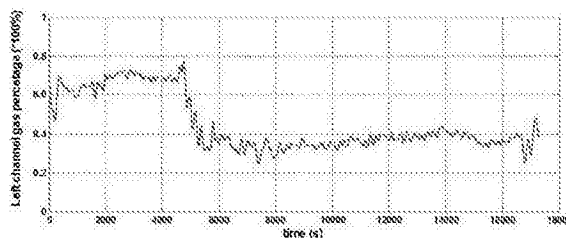
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

### (54)发明名称

一种燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法

### (57)摘要

本发明公开了一种燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,在机组实际运行数据的基础上,从进入尾部双烟道开始,尾部烟气挡板出来到空气预热器为止的这段烟道的一系列受热面采用烟气侧到工质侧的动态能量和质量平衡,通过软测量的方法对两侧烟道的烟气流量进行计算,同时采用每天煤质的工业数据对基准烟气物性参数进行校正,最终实现对尾部双烟道烟气流量的实时软测量。



1. 一种燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

第一步:根据电站实际情况确定基准的燃煤成分及特性;选取固定的采样时间,通过OPC通讯协议实时获取锅炉运行相关数据;

第二步:基于烟气物理特性,根据第一步中确定的基准的燃煤成分,计算1kg燃煤燃烧后的产物的各项特性,并建立锅炉的基准烟气物性数据库;将水和水蒸气热力性质IAPWS-IF97公式向量化用于工质焓值的实时计算;

第三步:对第一步获取到的锅炉运行相关数据进行坏点处理和数据平滑处理,从而得到处理后的锅炉尾烟道的相关运行参数的实时数据库;

第四步:建立基于质量和能量平衡的锅炉尾部两侧省煤器前后的烟气侧和工质侧的平衡方程,用如下公式表示:

$$\begin{aligned} m_l \Delta H_l + m_r \Delta H_r &= Q_{sm} \\ m_l + m_r &= m_{total} \end{aligned} \quad (2)$$

式中, $m_l$ 、 $m_r$ 和 $m_{total}$ 分别为尾部竖井烟道左侧、右侧和总的烟气质量流量,kg/s;

$\Delta H_l$ 和 $\Delta H_r$ 分别为左右两侧烟道中单位质量烟气的焓值变化,kJ/kg;

$Q_{sm}$ 为锅炉尾烟道两侧省煤器中工质吸收的热量,kJ/s;

第五步:根据温度变化下工质和金属受热面的蓄热变化修正上述平衡方程,修正后的省煤器能量和质量平衡方程用如下公式表示:

$$Q'_{sm} = Q_{sm} + \Delta Q_q + \Delta Q_j \quad (3)$$

式中, $Q'_{sm}$ 为修正后的锅炉尾烟道两侧省煤器中工质吸收的热量,kJ/s;

$\Delta Q_q$ 为工质蓄热变化量,kJ/kg;

$\Delta Q_j$ 为受热面金属蓄热变化量,kJ/kg;

第六步:根据燃煤的工业分析数据校正燃煤的基准化学成分;

第七步:以第六步得到的校正后的燃煤化学分析值为基准,从测点得到两侧烟道烟气的温度、压力、流量、工质温度以及压力流量的相关数据,结合公式(2)和公式(3)联立求得两侧烟道的烟气流量:

$$\begin{aligned} m_l &= \frac{Q'_{sm} - m_{total} \Delta H_r}{\Delta H_l - \Delta H_r} \\ m_r &= \frac{Q'_{sm} - m_{total} \Delta H_l}{\Delta H_r - \Delta H_l} \end{aligned}$$

2. 根据权利要求1所述的燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,其特征在于,在第一步中,采样时间为5秒。

3. 根据权利要求1所述的燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,其特征在于,在第三步中,通过多项式滑动拟合的方法来判断坏点,并对其进行剔除。

4. 根据权利要求1所述的燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,其特征在于,在第三步中,通过数据加权滤波的方法对数据进行平滑处理,具体是:

$$\hat{y}_m = 0.02y_{m-3} + 0.05y_{m-2} + 0.08y_{m-1} + 0.7y_m + 0.08y_{m+1} + 0.05y_{m+2} + 0.02y_{m+3} \quad (1)$$

式中, $\hat{y}_m$ 为滤波后的数据;

$y_i$ 为*i*时刻的实际测量值, $i=m-3,m-2,m-1,m,m+1,m+2,m+3$ 。

5.根据权利要求1所述的燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,其特征在于,在第六步中,校正燃煤基准化学成分采用如下的校正公式:

$$X_{i,ar} = X_{i,ar}^0 \frac{100 - W_{ar} - A_{ar}}{100 - W_{ar}^0 - A_{ar}^0} \quad (4)$$

式中, $X_{i,ar}$ 为计算用碳、氢、氧、氮、硫元素成分分析,%;

$X_{i,ar}^0$ 为季度化验的碳、氢、氧、氮、硫元素成分分析基准值,%;

$W_{ar}$ 为工业分析值,基水分,%;

$A_{ar}$ 为工业分析值,基灰分,%;

$W_{ar}^0$ 为季度化验的收到基水分,%;

$A_{ar}^0$ 为季度化验的收到基灰分,%。

## 一种燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种烟气流量测量方法,具体涉及一种燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,属于电力和信息处理技术领域。

### 背景技术

[0002] 进入二十一世纪以来,节能和环保愈发重要。燃煤火力电站作为关系着我国国计民生的能源消耗大户,如何在保证安全生产的基础上尽可能的减少能源消耗、减少排放已经成为其面临的一个十分迫切的问题。

[0003] 锅炉是燃煤电站的关键设备之一,也是整个电站节能减排的重点对象。无论采取何种手段对锅炉进行节能减排优化,对锅炉整体工况的准确监测是重要前提,这其中烟气流量是其中需要监测的变量之一。我国现有燃煤电站其中相当一部分锅炉是采用尾部双烟道设计,两侧烟道的烟气挡板对烟气流量进行调节,其主要目的是通过对烟气量的调节达到对再热器蒸汽温度的调节作用。尾部双烟道的烟气比例是事先设计好的,但由于实际工况的复杂性,诸如烟气成分、烟气流速等因素的影响,双烟道的实际烟气流量并不是一直遵循比例的。要对两侧烟道的受热面工作状况进行实时监测则必须获得两侧烟道的实时烟气流量。

[0004] 测量烟气流量一般方法是采用烟气流量计,在锅炉设计安装阶段事先安装在相应的部位,或是在试验阶段采用测量仪器在预留的测量点进行测量。但在我国很多采用尾部双烟道设计的锅炉尾部烟道没有预先设计或者预留测点,这就导致了无法直接测量获取尾部两侧烟道实时的烟气流量,对两侧受热面的实时热力学计算造成困难。如若采用实现设计的比例来对烟气流量进行分配则不够准确,对于一些对精度要求较高的控制和优化方法则无法达到要求。常规的方法是根据两侧烟气挡板的开度信息来判断烟气流量的分配,然而由于压损系数难以获取,而且在长时间生产后,烟气挡板由于烟气的剥蚀变得密闭性不好且开度信息不准确,因而这种方法在实际现场中无法使用。

[0005] 经对现有文献检索发现,中国专利ZL201210046212.4提出了一种“基于检测氧含量的插入式烟气流量测量方法及测量装置”,该方法从数据处理装置输入端输入燃料的各组分含量和燃料流量,计算得到该燃料的理论空气比和理论烟气比以及理论空气量和理论烟气量;通过氧含量检测装置测量探头探测得到烟气中的氧含量,最终计算出实际烟气流量。该方法仍然需要氧含量检测探头,而我国很多尾部双烟道锅炉的氧含量探头在双烟道的尾部,并不能完全准确反映烟道内的整体状况,对于本专利申请的所针对的尾部双烟道烟气流量的检测而言具有一定的局限性。

[0006] 王建国等人提出的“锅炉尾部烟道烟气质量流量的测量模型”以热力学平衡计算为基础,采用工控机和采集装置相结合的方式,实现了对管式空气预热器烟气质量流量的测量。该方法主要针对烟气质量流量的计算,对于燃煤波动较大的机组该方法计算出的锅炉效率与实际值存在着一定的偏差,不能满足更准确的更高一步的要求。

## 发明内容

[0007] 为解决现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种基于动态能量和质量平衡的燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,在机组实际运行数据的基础上,从进入尾部双烟道开始,尾部烟气挡板出来到空气预热器为止的这段烟道的一系列受热面采用烟气侧到工质侧的动态能量和质量平衡,通过软测量的方法对两侧烟道的烟气流量进行计算,同时采用每天煤质的工业数据对基准烟气物性参数进行校正,最终实现对尾部双烟道烟气流量的实时软测量。

[0008] 为了实现上述目标,本发明采用如下的技术方案:

[0009] 一种燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0010] 第一步:根据电站实际情况确定基准的燃煤成分及特性;选取固定的采样时间,通过OPC通讯协议实时获取锅炉运行相关数据;

[0011] 第二步:基于烟气物理特性,根据第一步中确定的基准的燃煤成分,计算1kg燃煤燃烧后的产物的各项特性,并建立锅炉的基准烟气物性数据库;将水和水蒸气热力性质IAPWS-IF97公式向量化用于工质焓值的实时计算;

[0012] 第三步:对第一步获取到的锅炉运行相关数据进行坏点处理和数据平滑处理,从而得到处理后的锅炉尾烟道的相关运行参数的实时数据库;

[0013] 第四步:建立基于质量和能量平衡的锅炉尾部两侧省煤器前后的烟气侧和工质侧的平衡方程,用如下公式表示:

$$[0014] \quad m_l \Delta H_l + m_r \Delta H_r = Q_{sm} \quad (2)$$

$$[0015] \quad m_l + m_r = m_{total}$$

[0016] 式中, $m_l$ 、 $m_r$ 和 $m_{total}$ 分别为尾部竖井烟道左侧、右侧和总的烟气质量流量,kg/s;

[0017]  $\Delta H_l$ 和 $\Delta H_r$ 分别为左右两侧烟道中单位质量烟气的焓值变化,kJ/kg;

[0018]  $Q_{sm}$ 为锅炉尾烟道两侧省煤器中工质吸收的热量,kJ/s;

[0019] 第五步:根据温度变化下工质和金属受热面的蓄热变化修正上述平衡方程,修正后的省煤器能量和质量平衡方程用如下公式表示:

$$[0020] \quad Q'_{sm} = Q_{sm} + \Delta Q_q + \Delta Q_j \quad (3)$$

[0021] 式中, $Q'_{sm}$ 为修正后的锅炉尾烟道两侧省煤器中工质吸收的热量,kJ/s;

[0022]  $\Delta Q_q$ 为工质蓄热变化量,kJ/kg;

[0023]  $\Delta Q_j$ 为受热面金属蓄热变化量,kJ/kg;

[0024] 第六步:根据燃煤的工业分析数据校正燃煤的基准化学成分;

[0025] 第七步:以第六步得到的校正后的燃煤化学分析值为基准,从测点得到两侧烟道烟气的温度、压力、流量、工质温度以及压力流量的相关数据,结合公式(2)和公式(3)联立求得两侧烟道的烟气流量:

$$[0026] \quad m_l = \frac{Q'_{sm} - m_{total} \Delta H_r}{\Delta H_l - \Delta H_r}$$

$$[0027] \quad m_r = \frac{Q'_{sm} - m_{total} \Delta H_l}{\Delta H_r - \Delta H_l}。$$

[0028] 前述的燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,其特征在于,在第一步中,采样时间为5秒。

[0029] 前述的燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,其特征在于,在第三步中,通过多项式滑动拟合的方法来判断坏点,并对其进行剔除。

[0030] 前述的燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,其特征在于,在第三步中,通过数据加权滤波的方法对数据进行平滑处理,具体是:

$$[0031] \quad \hat{y}_m = 0.02y_{m-3} + 0.05y_{m-2} + 0.08y_{m-1} + 0.7y_m + 0.08y_{m+1} + 0.05y_{m+2} + 0.02y_{m+3} \quad (1)$$

[0032] 式中, $\hat{y}_m$ 为滤波后的数据;

[0033]  $y_i$ 为*i*时刻的实际测量值, $i = m-3, m-2, m-1, m, m+1, m+2, m+3$ 。

[0034] 前述的燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,其特征在于,在第六步中,校正燃煤基准化学成分采用如下的校正公式:

$$[0035] \quad X_{i,ar} = X_{i,ar}^0 \frac{100 - W_{ar} - A_{ar}}{100 - W_{ar}^0 - A_{ar}^0} \quad (4)$$

[0036] 式中, $X_{i,ar}$ 为计算用碳、氢、氧、氮、硫元素成分分析,%;

[0037]  $X_{i,ar}^0$ 为季度化验的碳、氢、氧、氮、硫元素成分分析基准值,%;

[0038]  $W_{ar}$ 为工业分析值,基水分,%;

[0039]  $A_{ar}$ 为工业分析值,基灰分,%;

[0040]  $W_{ar}^0$ 为季度化验的收到基水分,%;

[0041]  $A_{ar}^0$ 为季度化验的收到基灰分,%。

[0042] 本发明的有益之处在于:

[0043] (1) 本发明提供的在线软测量方法,可以较为准确的实时测量燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量,具有良好的动态特性,同时不需要安装额外的测量仪器,具有较好的通用性和鲁棒性,适用于燃煤火力发电锅炉尾部烟道特征参数的实时监测以及在此基础上的优化调整;

[0044] (2) 本发明提供的在线软测量方法,对能量平衡方程进行了实时修正,考虑了工况波动的情形下受热面金属和工质蓄热变化,提高了方法的动态精度;

[0045] (3) 本发明提供的在线软测量方法,对入路燃煤化学成分进行校正,不需要昂贵的在线分析仪的投入的同时能够保证一定的精度;

[0046] (4) 本发明提供的在线软测量方法的测量结果有助于对锅炉尾部烟道工况进行更好的评估为总体的节能减排优化控制提供支持。

## 附图说明

[0047] 图1是燃煤电站锅炉尾部双烟道结构示意图;

[0048] 图2是左侧烟道烟气流量份额图。

## 具体实施方式

[0049] 以下结合附图和具体实施例对本发明作具体的介绍。

[0050] 第一部分:锅炉

[0051] 本发明所涉及的锅炉,需要满足以下条件:

[0052] (1) 负荷300MW,采用亚临界、自然循环、一次中间再热、双拱单炉膛、“W”火焰燃烧方式、尾部双烟道、烟气挡板调温、平衡通风、固态排渣、露天布置、全钢架悬吊式汽包炉;

[0053] (2) 换热器外部热流沿管长及圆周均匀分布;

[0054] (3) 换热器管壁金属只考虑径向换热;

[0055] (4) 管内工质不可压缩,且流动截面上参数均匀一致。

[0056] 作为一种优选的方案,我们使用HG-1025/17.3-WM18型锅炉,该锅炉的尾部双烟道结构示意图如图1所示。

[0057] 第二部分:双烟道烟气流量在线软测量方法

[0058] 本发明的燃煤电站锅炉尾部双烟道烟气流量在线软测量方法,其包括以下步骤:

[0059] 第一步:

[0060] 首先,设置锅炉尾烟道包括省煤器在内的换热面尺寸和烟道特性,具体如表1所示。

[0061] 表1 锅炉物理特性参数

[0062]

名称	单位	数值
省煤器管外径	mm	51
省煤器管内径	mm	44.5
横向排数(并联管数)	——	356
纵向排数	——	8
横向节距	mm	115
烟气通流面积	m <sup>2</sup>	135.25
蒸汽流通面积	m <sup>2</sup>	0.448
表面受热面积	m <sup>2</sup>	2539
壁管材质	——	SA210C

[0063] 然后,根据电站实际情况确定基准的燃煤成分及特性,具体如表2所示。

[0064] 表2 电站燃煤代表性基准成分及特性

[0065]

成分	单位	数值
----	----	----

[0066]

收到基碳 $c_{ar}$	%	57.17
收到基氢 $H_{ar}$	%	2.21
收到基氧 $O_{ar}$	%	1.81
收到基氮 $N_{ar}$	%	0.88
收到基硫 $S_{ar}$	%	1.14
收到基水分 $M_{ar}$	%	8.12
收到基灰分 $A_{ar}$	%	28.68
收到基低位发热量 $Q_{dw}$	MJ	21091

[0067] 最后,选取固定的采样时间(采样时间为5秒),该锅炉DCS控制系统自带OPC服务端,通过OPC通讯协议实时获取锅炉运行相关数据。

[0068] 第二步:

[0069] 基于烟气物理特性,根据第一步中确定的现场的基准的燃煤成分,计算1kg燃煤燃烧后的产物的各项特性,利用高次多项式拟合各成分的焓值特性,建立锅炉的基准烟气物性数据库,用于后续的烟气焓值计算。

[0070] 对于烟气中的成分:CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、空气、水蒸气以及灰的比热 $c$ ,用正交多项式拟合成五次多项式计算:

$$[0071] \quad c = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5$$

[0072] 式中, $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ 、 $a_5$ 为拟合系数;

[0073]  $t$ 为工质温度,℃。

[0074] 各个部分的拟合结果见表3。

[0075] 表3 烟气及空气物性参数计算公式多项式系数



[0076]

多项式系数	$c_{CO_2}$	$c_{N_2}$	$c_k$	$c_{H_2O}$	$c_{jH}$
	$\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	$\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	$\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	$\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	$\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$
$a_0$	$0.16006730 \times 10^1$	$0.12949392 \times 10^1$	$0.13196457 \times 10^1$	$0.14935262 \times 10^1$	$0.73946104 \times 10^1$
$a_1$	$0.10553743 \times 10^{-2}$	$-0.22499513 \times 10^{-4}$	$0.14913161 \times 10^{-4}$	$0.10381272 \times 10^{-3}$	$0.74478085 \times 10^{-3}$
$a_2$	$-0.69640650 \times 10^{-6}$	$0.26217877 \times 10^{-6}$	$0.25439405 \times 10^{-6}$	$0.23951519 \times 10^{-6}$	$-0.11069151 \times 10^{-5}$
$a_3$	$0.31998504 \times 10^{-9}$	$-0.19975267 \times 10^{-9}$	$-0.21478411 \times 10^{-9}$	$-0.14818496 \times 10^{-9}$	$0.72010083 \times 10^{-9}$
$a_4$	$-0.86061622 \times 10^{-13}$	$0.64627948 \times 10^{-13}$	$0.74175047 \times 10^{-13}$	$0.38325500 \times 10^{-13}$	$-0.84781344 \times 10^{-13}$
$a_5$	$0.98001426 \times 10^{-17}$	$-0.78791225 \times 10^{-17}$	$-0.94691556 \times 10^{-17}$	$0.38808048 \times 10^{-17}$	$-0.29864788 \times 10^{-17}$

[0077] 注：表中气体体积均指标准状态。

[0078] 工质水和水蒸气的焓值根据国际标准公式IAPWS-IF97求得。

[0079] 第三步：

[0080] 对第一步获取到的锅炉运行相关数据进行坏点处理和数据平滑处理，将处理后的锅炉尾烟道的相关运行参数数据存入锅炉运行参数实时数据库。

[0081] 1、坏点处理

[0082] 通过多项式滑动拟合的方法来判断坏点，并对其进行剔除。

[0083] 2、数据平滑处理

[0084] 通过数据加权滤波的方法对数据进行平滑处理，具体是：

$$[0085] \quad \hat{y}_m = 0.02y_{m-3} + 0.05y_{m-2} + 0.08y_{m-1} + 0.7y_m + 0.08y_{m+1} + 0.05y_{m+2} + 0.02y_{m+3} \quad (1)$$

[0086] 式中， $\hat{y}_m$ 为滤波后的数据；

[0087]  $y_i$ 为*i*时刻的实际测量值， $i = m-3, m-2, m-1, m, m+1, m+2, m+3$ 。

[0088] 第四步：

[0089] 基于质量和能量平衡，建立锅炉尾部两侧省煤器前后的烟气侧和工质侧的质量和能量平衡方程，尾部烟道左右两侧的烟气流量之和等于尾部烟道出口总的烟气流量，省煤器烟气释放的热量等于工质吸收的热量，具体用如下公式表示：

$$[0090] \quad m_l \Delta H_l + m_r \Delta H_r = Q_{sm} \quad (2)$$

$$[0091] \quad m_l + m_r = m_{total}$$

[0092] 式中， $m_l$ 、 $m_r$ 和 $m_{total}$ 分别为尾部竖井烟道左侧、右侧和总的烟气质量流量，kg/s；

[0093]  $\Delta H_l$ 和 $\Delta H_r$ 分别为左右两侧烟道中单位质量烟气的焓值变化，kJ/kg；

[0094]  $Q_{sm}$ 为锅炉尾烟道两侧省煤器中工质吸收的热量，kJ/s。

[0095] 第五步：

[0096] 考虑工况变化情况下，金属受热面和工质在温度、压力变化下蓄热量的变化，对第四步的能量平衡方程进行修正，得到动态能量平衡方程，修正后的省煤器能量和质量平衡方程用如下公式表示：

[0097]  $Q'_{sm} = Q_{sm} + \Delta Q_q + \Delta Q_j \quad (3)$

[0098] 式中,  $Q'_{sm}$  为修正后的锅炉尾烟道两侧省煤器中工质吸收的热量, kJ/s;

[0099]  $\Delta Q_q$  为工质蓄热变化量, kJ/kg;

[0100]  $\Delta Q_j$  为受热面金属蓄热变化量, kJ/kg。

[0101] 其中, 受热面金属蓄热变化量  $\Delta Q_j$  为:

[0102]  $\Delta Q_j = C_j m_j \frac{\partial \theta_j}{\partial \tau}$

[0103] 工质(蒸汽)蓄热变化量  $\Delta Q_q$  为:

[0104]  $\Delta Q_q = C_q m_q \frac{\partial \theta_q}{\partial \tau}$

[0105] 而蒸汽侧吸热则为:

[0106]  $Q_{sm} = D (H_{out} - H_{in})$

[0107] 式中,  $C_j$ 、 $C_q$  分别为金属和工质的平均比热容, kJ/(kgg $^{\circ}$ C);

[0108]  $m_j$ 、 $m_q$  为受热面管壁金属质量和其内工质的质量, kg;

[0109]  $\theta_q$ 、 $\theta_j$  为金属管壁温度和蒸汽温度,  $^{\circ}$ C;

[0110]  $D$  为流经两侧省煤器的工质质量流量, kg/s;

[0111]  $H_{out}$ 、 $H_{in}$  分别为省煤器进、出口工质焓值, kJ/kg;

[0112]  $\tau$  为时间。

[0113] 第六步:

[0114] 根据燃煤的工业分析数据校正燃煤的基准化学成分。

[0115] 本发明所涉及的锅炉机组, 有每天4班的燃煤工业分析数据, 可以根据该数值对燃煤的基准化学成分进行校正, 校正燃煤基准化学成分采用如下的校正公式:

[0116]  $X_{i,ar} = X_{i,ar}^0 \frac{100 - W_{ar} - A_{ar}}{100 - W_{ar}^0 - A_{ar}^0} \quad (4)$

[0117] 式中,  $X_{i,ar}$  为计算用元素成分分析(碳、氢、氧、氮、硫), %;

[0118]  $X_{i,ar}^0$  为季度化验的元素成分分析基准值, (碳、氢、氧、氮、硫), %;

[0119]  $W_{ar}$  为工业分析值, 基水分, %;

[0120]  $A_{ar}$  为工业分析值, 基灰分, %;

[0121]  $W_{ar}^0$  为季度化验的收到基水分, %;

[0122]  $A_{ar}^0$  为季度化验的收到基灰分, %。

[0123] 第七步:

[0124] 以第六步得到的校正后的燃煤化学分析值为基准, 从测点得到两侧烟道烟气的温度、压力、流量、工质温度以及压力流量等相关数据, 结合公式(2)和公式(3)联立求得两侧烟道的烟气流量:

[0125]  $m_l = \frac{Q'_{sm} - m_{total} \Delta H_r}{\Delta H_l - \Delta H_r}$

[0126]  $m_r = \frac{Q'_{sm} - m_{total} \Delta H_l}{\Delta H_r - \Delta H_l}$

[0127] 根据锅炉的设计参数,额定工况下左右两侧烟道的烟气份额约为3:7,采用现场实际运行数据由上述方法计算所得的左侧烟气份额如图2所示。

[0128] 由图2可以看出,在额定工况阶段的计算结果与设计值较为吻合。

[0129] 需要说明的是,上述实施例不以任何形式限制本发明,凡采用等同替换或等效变换的方式所获得的技术方案,均落在本发明的保护范围内。

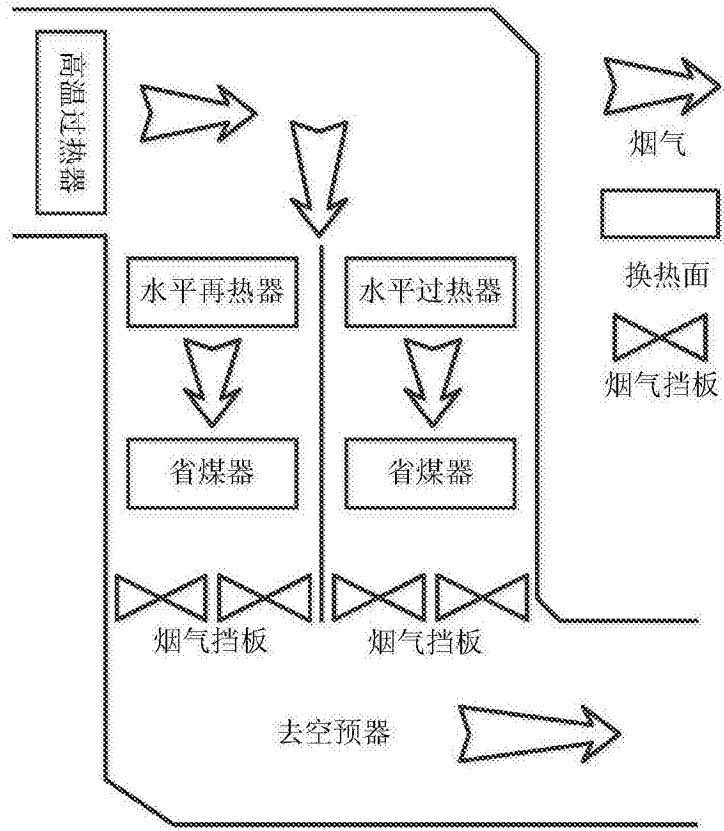


图1

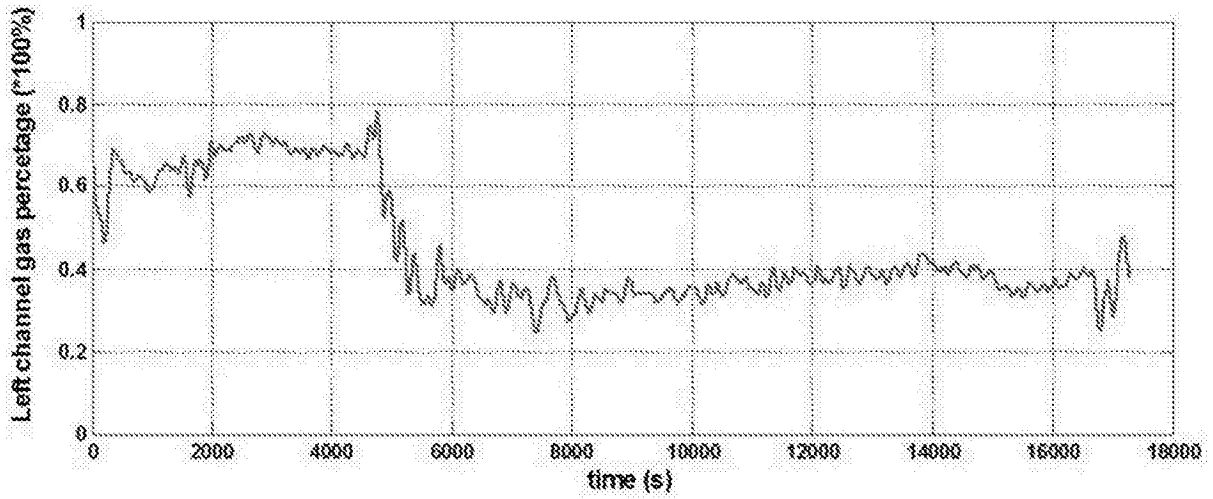


图2