



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103322547 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 07

(21) 申请号 201310257951. 2

(22) 申请日 2013. 06. 25

(73) 专利权人 西安艾贝尔科技发展有限公司

地址 710075 陕西省西安市高新区丈八一路
2号 SOHO 同盟第2栋1单元15层11502
号

JP H10332141 A, 1998. 12. 15, 全文.

CN 103148472 A, 2013. 06. 12, 全文.

CN 102880795 A, 2013. 01. 16, 全文.

CN 102679391 A, 2012. 09. 19, 全文.

CN 101498457 A, 2009. 08. 05, 全文.

审查员 谢德娟

(72) 发明人 崔栋刚 李金 卢洋

(74) 专利代理机构 西安西交通盛知识产权代理
有限责任公司 61217

代理人 张震国

(51) Int. Cl.

F22B 35/00 (2006. 01)

F23N 5/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2011302901 A1, 2011. 12. 15, 全文.

WO 2011089283 A1, 2011. 07. 28, 全文.

WO 2009136964 A1, 2009. 11. 12, 全文.

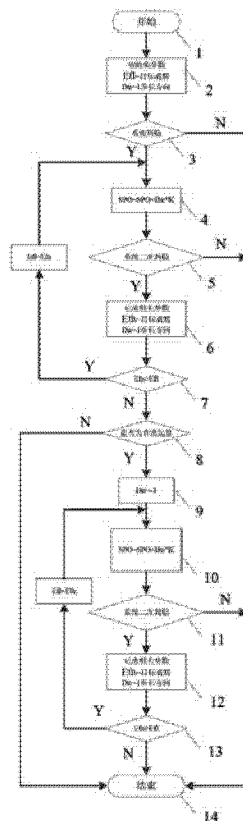
权利要求书2页 说明书13页 附图6页

(54) 发明名称

一种锅炉控制与燃烧优化方法

(57) 摘要

本发明公布了一种锅炉控制与燃烧优化的方法,解决了长期以来锅炉系统不易控制的难题,该方法步骤为:(1)首先建立目标函数;(2)在锅炉系统运行稳定时,记录下优化目标函数值以及待优化的运行参数;(3)给待优化的运行参数增加一个预置的步长值;(4)待锅炉系统稳定后,如果目标函数值增加,则继续增加一个步长值,直至目标函数值减小;如果目标函数值减小,则进行优化步长反向,减小一个步长值,直至目标函数值增加,此时,认为锅炉系统已经在最佳燃烧区。本发明的优点在于不仅确保系统的稳定性,提高了系统性能,而且减轻工人的劳动强度,实现了系统的整体优化,达到较高的经济效益。



1. 一种锅炉控制与燃烧优化方法,其特征在于:锅炉系统运行在最佳燃烧区的方法包括以下步骤:

(1) 建立目标函数: $J_{\max} = 100 - (k_1P + k_2g(Y) + k_3F) \times 100$,其中, J 为目标函数; P 为排烟温度; $g(Y)$ 为烟气含氧量对性能指标的作用函数; F 为飞灰含碳量; k_1 、 k_2 、 k_3 分别为三个对应参数的权值,保证 $k_1 + k_2 + k_3 = 1$;

(2) 燃烧优化仅对单一运行参数进行时,步骤如下:

(2.1) 在锅炉系统运行稳定时,记录下优化目标函数值以及待优化的运行参数;

(2.2) 给待优化的运行参数增加一个预置的步长值,待锅炉系统稳定后,如果目标函数值增加,则继续增加一个步长值,直至目标函数值减小时,此时,认为锅炉系统已经在最佳燃烧区;如果目标函数值减小,则进行优化步长反向,减小一个步长值,直至目标函数值增加时,此时,认为锅炉系统已经在最佳燃烧区;

(3) 燃烧优化对多个运行参数进行时,则根据步骤(2)逐个对各个运行参数进行优化。

2. 如权利要求1所述的一种锅炉控制与燃烧优化方法,其特征在于:控制主蒸汽压力的方法为:采集锅炉的主蒸汽压力,将其与设定的主蒸汽压力进行偏差计算,根据偏差大小选择主蒸汽压力单回路控制模式或串级控制模式;如果选择主蒸汽压力单回路控制模式,则根据压力控制器的指令直接控制给粉调节阀,进而控制主蒸汽流量和主蒸汽压力;如果选择串级控制模式,则压力控制器发出的指令首先与主蒸汽流量进行偏差计算,其结果输出到流量控制器,流量控制器根据该偏差结果得出指令,该指令用于控制给粉调节阀,进而控制主蒸汽流量和主蒸汽压力。

3. 如权利要求1所述的一种锅炉控制与燃烧优化方法,其特征在于:控制烟气含氧量的方法为:采集烟气含氧量,将其与设定的烟气含氧量进行偏差计算,偏差结果输出到氧量控制器,氧量控制器根据该偏差结果选择单回路控制模式或串级控制模式;如果选择单回路控制模式,则锅炉系统进入暂态模式,采用热风压力或者送风流量进行单回路控制;如果选择串级控制模式,则氧量控制器发出的指令首先与送风流量或热风压力进行偏差计算,其结果输出到送风流量/热风压力控制器,送风流量/热风压力控制器根据该偏差结果得出指令,该指令用于控制送风门,进而控制送风流量/热风压力和烟气含氧量。

4. 如权利要求1所述的一种锅炉控制与燃烧优化方法,其特征在于:控制炉膛负压的方法为:采集炉膛负压,将其与设定的炉膛负压进行偏差计算,偏差结果输出到负压控制器,负压控制器根据该偏差结果判断是否进行整定,整定后的结果最后再反馈给负压控制器,负压控制器根据反馈结果输出指令,控制引风机电流或挡板开度,进而控制炉膛负压。

5. 如权利要求1所述的一种锅炉控制与燃烧优化方法,其特征在于:控制屏过出口温度的方法为:采集屏过出口温度,将其与设定的屏过出口温度进行偏差计算,偏差结果输出到屏过出口温度控制器,屏过出口温度控制器将其输出结果再与一级减温水出口温度进行偏差计算,其结果输出到一级减温水出口温度控制器,一级减温水出口温度控制器根据其偏差输出指令,以控制一级减温水阀门,进而控制一级减温水出口温度和屏过出口温度。

6. 如权利要求1所述的一种锅炉控制与燃烧优化方法,其特征在于:控制主蒸汽温度的方法为:采集主蒸汽温度,将其与设定的主蒸汽温度进行偏差计算,偏差结果输出到主蒸汽温度控制器,主蒸汽温度控制器将其输出结果与二级减温水出口温度进行偏差计算,其结果输出到二级减温水出口温度控制器,二级减温水出口温度控制器根据其结果发出指

令,以控制二级减温水阀门、二级减温水出口温度和主蒸汽温度。

7. 如权利要求 1 所述的一种锅炉控制与燃烧优化方法,其特征在于:控制汽包水位的方法为:采集汽包水位,将其与设定的汽包水位进行偏差计算,偏差结果输出到水位控制器,水位控制器根据该偏差结果判断是否进行整定,整定后的结果最后再反馈给水位控制器,水位控制器判断选择单回路控制模式或串级控制模式;如果选择单回路控制模式,则根据水位控制器的指令直接控制主给水阀,进而控制给水流量和汽包水位;如果选择串级控制模式,则水位控制器发出的指令首先与给水流量进行偏差计算,其结果输出到流量控制器,流量控制器根据该偏差结果得出指令,该指令用于控制主给水阀,进而控制给水流量和汽包水位。

8. 如权利要求 7 所述的一种锅炉控制与燃烧优化方法,其特征在于:当需要调节的汽包水位超过预设的限制时,旁路给水阀门切入自动调节模式,当水位恢复到正常偏差值范围时,旁路给水阀门恢复手动调节模式。

9. 如权利要求 4 或 7 所述的一种锅炉控制与燃烧优化方法,其特征在于:所述整定方法为:

(9.1) 在控制回路自动方式下,当控制回路偏差大于预设值时,即 $|sv-pv| \geq E_{\max}$, 记作 t_1 时刻,并开始控制性能计算 $J = \frac{1}{|sv-pv|_{\max}} \int_{t_1}^{t_2} |e(t)| t dt$ 其中,sv 为给定值;pv 为过程检

测值;e(t) 为 t 时刻的偏差值;t₂ 为控制进入稳态的时刻;若 J 大于预设性能指标限值,则判断控制性能不达标,进行回路自动整定;

(9.2) 整定控制器参数 K_p 、 T_i 通过下述公式获得:

$$\text{当 } \frac{\tau}{T} < 0.1 \text{ 时, } K_p = \frac{2}{\sqrt{K}}, T_i = 0.08 \times T$$

$$\text{当 } \frac{\tau}{T} \geq 0.1 \text{ 时, } K_p = \frac{\sqrt{T}}{2 \times \sqrt{K \times \tau}}, T_i = 1.25 \times \sqrt{T \times \tau}$$

式中:K 为对象增益;τ 为滞后时间;T 为时间常数。

10. 如权利要求 9 所述的一种锅炉控制与燃烧优化方法,其特征在于:自动整定时首先等待锅炉系统进入稳态,而后施加控制输出扰动,扰动量取 5~10%控制输出量,并保持输出不变,获取对象的输出响应,分析响应曲线的滞后时间 τ、对象增益 K 和调节时间 t_s。

一种锅炉控制与燃烧优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工业自动控制技术领域,具体涉及燃煤锅炉系统的控制与燃烧优化。

背景技术

[0002] 锅炉控制系统担负燃烧煤粉以产生合格蒸汽、控制主蒸汽温度以及满足系统给水等重要任务,锅炉控制过程的好坏,不仅直接关系到锅炉的生产能力和生产过程的可靠性,而且在很大程度上决定了锅炉运行的经济性。我国锅炉控制系统自投运以来,自动化控制和优化运行问题一直没有得到很好的解决,运行调整一直依赖操作人员观察测量仪表,通过主蒸汽压力和温度、烟气含氧量、炉膛负压、汽包水位度等运行参数人为判断,依靠经验进行人工操作的控制模式。

[0003] 在人工操作模式下由于受到煤质变化及操作水平差异等方面的局限性,实际运行过程中,锅炉控制不稳定、炉温过低或者一、二次风配合失当等现象时有发生,导致蒸汽参数发生波动、锅炉灭火或局部管壁超温等问题,严重威胁锅炉的安全稳定运行,在上述问题情况下,难以实现系统优化。

发明内容

[0004] 本发明以锅炉控制与燃烧优化系统安全经济运行为目标,针对锅炉系统的运行特点,保证了锅炉系统连续经济稳定运行,解决了长期以来锅炉系统不易控制的难题。

[0005] 为了克服现有技术的不足,本发明采用的技术方案如下:

[0006] 一种锅炉控制与燃烧优化方法,其特征在于:锅炉系统运行在最佳燃烧区的方法包括以下步骤:

[0007] (1) 建立目标函数: $J_{\max}=100-(k_1P+k_2g(Y)+k_3F) \times 100$,其中, J 为目标函数; P 为排烟温度; $g(Y)$ 为烟气含氧量对性能指标的作用函数; F 为飞灰含碳量; k_1 、 k_2 、 k_3 分别为三个对应参数的权值,保证 $k_1+k_2+k_3=1$;

[0008] (2) 燃烧优化仅对单一运行参数进行时,步骤如下:

[0009] (2.1) 在锅炉系统运行稳定时,记录下优化目标函数值以及待优化的运行参数;

[0010] (2.2) 给待优化的运行参数增加一个预置的步长值,待锅炉系统稳定后,如果目标函数值增加,则继续增加一个步长值,直至目标函数值减小时,此时,认为锅炉系统已经在最佳燃烧区;如果目标函数值减小,则进行优化步长反向,减小一个步长值,直至目标函数值增加时,此时,认为锅炉系统已经在最佳燃烧区;

[0011] (3) 燃烧优化对多个运行参数进行时,则根据步骤(2)逐个对各个运行参数进行优化。

[0012] 作为本发明的优选实施例,控制主蒸汽压力的方法为:采集锅炉的主蒸汽压力,将其与设定的主蒸汽压力进行偏差计算,根据偏差大小选择主蒸汽压力单回路控制模式或串级控制模式;如果选择主蒸汽压力单回路控制模式,则根据压力控制器的指令直接控制给粉调节阀,进而控制主蒸汽流量和主蒸汽压力;如果选择串级控制模式,则压力控制器发出

的指令首先与主蒸汽流量进行偏差计算,其结果输出到流量控制器,流量控制器根据该偏差结果得出指令,该指令用于控制给粉调节阀,进而控制主蒸汽流量和主蒸汽压力。

[0013] 作为本发明的优选实施例,控制烟气含氧量的方法为:采集烟气含氧量,将其与设定的烟气含氧量进行偏差计算,偏差结果输出到氧量控制器,氧量控制器根据该偏差结果选择单回路控制模式或串级控制模式;如果选择单回路控制模式,则锅炉系统进入暂态模式,采用热风压力或者送风流量进行单回路控制;如果选择串级控制模式,则氧量控制器发出的指令首先与送风流量或热风压力进行偏差计算,其结果输出到送风流量/热风压力控制器,送风流量/热风压力控制器根据该偏差结果得出指令,该指令用于控制送风门,进而控制送风流量/热风压力和烟气含氧量。

[0014] 作为本发明的优选实施例,控制炉膛负压的方法为:采集炉膛负压,将其与设定的炉膛负压进行偏差计算,偏差结果输出到负压控制器,负压控制器根据该偏差结果判断是否进行整定,整定后的结果最后再反馈给负压控制器,负压控制器根据反馈结果输出指令,控制引风机电流或挡板开度,进而控制炉膛负压。

[0015] 作为本发明的优选实施例,控制屏过出口温度的方法为:采集屏过出口温度,将其与设定的屏过出口温度进行偏差计算,偏差结果输出到屏过出口温度控制器,屏过出口温度控制器将其输出结果再与一级减温水出口温度进行偏差计算,其结果输出到一级减温水出口温度控制器,一级减温水出口温度控制器根据其偏差输出指令,以控制一级减温水阀门,进而控制一级减温水出口温度和屏过出口温度。

[0016] 作为本发明的优选实施例,控制主蒸汽温度的方法为:采集主蒸汽温度,将其与设定的主蒸汽温度进行偏差计算,偏差结果输出到主蒸汽温度控制器,主蒸汽温度控制器将其输出结果与二级减温水出口温度进行偏差计算,其结果输出到二级减温水出口温度控制器,二级减温水出口温度控制器根据其结果发出指令,以控制二级减温水阀门、二级减温水出口温度和主蒸汽温度。

[0017] 作为本发明的优选实施例,控制汽包水位的方法为:采集汽包水位,将其与设定的汽包水位进行偏差计算,偏差结果输出到水位控制器,水位控制器根据该偏差结果判断是否进行整定,整定后的结果最后再反馈给水位控制器,水位控制器判断选择单回路控制模式或串级控制模式;如果选择单回路控制模式,则根据水位控制器的指令直接控制主给水阀,进而控制给水流量和汽包水位;如果选择串级控制模式,则水位控制器发出的指令首先与给水流量进行偏差计算,其结果输出到流量控制器,流量控制器根据该偏差结果得出指令,该指令用于控制主给水阀,进而控制给水流量和汽包水位。

[0018] 作为本发明的优选实施例,当需要调节的汽包水位超过预设的限制时,旁路给水阀门切入自动调节模式,当水位恢复到正常偏差值范围时,旁路给水阀门恢复手动调节模式。作为本发明的优选实施例,所述整定方法为:

[0019] 在控制回路自动方式下,当控制回路偏差大于预设值时,即 $|sv-pv| \geq E_{\max}$, 记作 t_1

时刻,并开始控制性能计算 $J = \frac{1}{|sv - pv|_{\max}} \int_{t_1}^{t_2} |e(t)| dt$ 其中,sv 为给定值;pv 为过程检测

值; $e(t)$ 为 t 时刻的偏差值; t_2 为控制进入稳态的时刻;若 J 大于预设性能指标限值,则判断控制性能不达标,进行回路自动整定;

[0020] 整定控制器参数 K_p 、 T 通过下述公式获得：

[0021] 当 $\frac{\tau}{T} < 0.1$ 时, $K_p = \frac{2}{\sqrt{K}}$, $T_i = 0.08 \times T$

[0022] 当 $\frac{\tau}{T} \geq 0.1$ 时, $K_p = \frac{\sqrt{T}}{2 \times \sqrt{K \times \tau}}$, $T_i = 1.25 \times \sqrt{T \times \tau}$

[0023] 式中： K 为对象增益； τ 为滞后时间； T 为时间常数。

[0024] 作为本发明的优选实施例，自动整定时首先等待锅炉系统进入稳态，而后施加控制输出扰动，扰动量取 5～10% 控制输出量，并保持输出不变，获取对象的输出响应，分析响应曲线的滞后时间 τ 、对象增益 K 和调节时间 t_s 。

[0025] 与现有技术相比，本发明至少具有以下优点：本发明方法，首先建立目标函数，然后采集需要优化的参数与目标函数值，在此基础上，通过给参数增加一个步长值，然后比较目标函数值的走向而逐渐搜索锅炉系统的最佳燃烧区。本发明方法不仅确保系统的稳定性，提高了系统性能，而且减轻工人的劳动强度，实现了系统的整体优化，达到较高的经济效益。

附图说明

[0026] 图 1 为本发明主蒸汽压力控制算法框图；

[0027] 图 2 为本发明烟气含氧量控制算法框图；

[0028] 图 3 为本发明炉膛负压控制算法框图；

[0029] 图 4 为本发明屏过出口温度控制算法框图；

[0030] 图 5 为本发明主蒸汽温度控制算法框图；

[0031] 图 6 为本发明汽包水位控制算法框图；

[0032] 图 7 为本发明自整定控制结构图；

[0033] 图 8 为本发明燃烧优化寻优原理图；

[0034] 图 9 为本发明燃烧优化算法流程图(参数优化)，其中，OSP 为烟气含氧量设定值，Efl 为上次目标函数值，Efn 为本次目标函数值， K 为步长值，Dir 为步长方向；

[0035] 图 10 为本发明燃烧优化算法流程图(系数优化)，其中，OSP 为烟气含氧量设定值，Efl 为上次目标函数值，Efn 为本次目标函数值， K 为步长值，Dir 为步长方向， $C1$ 、 $C2$ 为层系数；

[0036] 图 11 为本发明多参数优化算法流程图；

[0037] 图 12 为本发明锅炉控制与燃烧优化系统分布式网络结构图。

具体实施方式

[0038] 本发明的思路如下：

[0039] (1) 采用常规控制与先进控制相结合的控制策略，实现锅炉主蒸汽压力(或流量)、主蒸汽温度、烟气含氧量、炉膛负压、汽包水位的自动控制，保证锅炉控制与燃烧优化系统的稳定性；

[0040] (2) 以锅炉效率为优化目标，对锅炉燃烧过程中的运行参数进行实时优化，确保系

统运行在最佳燃烧区；

[0041] (3) 在分布式控制系统监控层上增加控制与优化站,实现锅炉效率在线计算、控制算法、燃烧优化算法、以及锅炉控制与燃烧优化过程故障诊断。

[0042] 锅炉控制与燃烧优化系统的应用方法,为了实现常规控制与先进控制相结合的控制策略,同时,实现锅炉主蒸汽压力(或流量)、主蒸汽温度、烟气含氧量、炉膛负压、汽包水位的自动控制,保证锅炉控制与燃烧优化系统的稳定性。具体为：：

[0043] (1) 主蒸汽压力(或流量)控制回路采用两种不同的控制模式,当主蒸汽压力偏差较大时,采用主蒸汽压力单回路控制模式；当主蒸汽压力偏差较小时,采用主蒸汽压力为外环,主蒸汽流量为内环的串级控制模式。通过判断主蒸汽压力偏差进行两种控制模式自动无扰切换；

[0044] (2) 烟气含氧量控制回路采用两种不同的控制模式,当氧量偏差较大时,系统进入暂态模式,采用热风压力或者送风流量单回路控制；当氧量偏差较小时,系统进入稳态模式,采用烟气含氧量为外环,热风压力或者送风流量为内环的串级控制模式。通过判断烟气含氧量偏差进行两种控制模式自动无扰切换；

[0045] (3) 炉膛负压控制回路采用两种不同的控制模式,当炉膛负压偏差较大时,系统进入暂态模式,快速消除系统偏差；当炉膛负压偏差较小时,系统进入稳态模式,减少系统静差。通过判断炉膛负压偏差进行两种控制模式自动无扰切换；

[0046] (4) 主蒸汽温度控制回路采用带有前馈的串级控制方式,前馈量为排粉风机入口风压,前馈算法作用在外环控制器的输出。一级减温串级控制回路的外环为屏过出口温度,内环为一级减温水出口温度；二级减温串级控制回路的外环为主蒸汽温度,内环为二级减温水出口温度；

[0047] (5) 汽包水位控制回路在采用三冲量控制的基础上,当汽包水位偏差较大时,系统进入暂态模式,采用汽包水位单回路控制；当汽包水位偏差较小时,系统进入稳态模式,采用汽包水位外环,给水流量内环的串级控制模式。通过判断汽包水位偏差进行两种控制模式自动无扰切换；

[0048] (6) 在汽包水位超过预定的限值时,旁路给水阀门切入自动调节模式,当水位恢复到正常偏差值范围内时,旁路给水阀门恢复手动调节模式。

[0049] 采用常规控制与先进控制相结合的控制策略,实现锅炉主蒸汽压力(流量)、主蒸汽温度、烟气含氧量、炉膛负压、汽包水位的自动控制,保证了锅炉与燃烧系统的稳定性。先进控制与优化站不断采集过程控制站中各个控制回路的运行参数,然后经过控制性能的测评指标判断是否符合控制性能要求,如果不符合则启动参数整定功能,进行控制回路参数整定,整定步骤如下所述：

[0050] (1) 在控制回路自动方式下,当控制回路偏差大于预设值时,即 $|sv-pv| \geq E_{\max}$,记

作 t_1 时刻,并开始控制性能计算 $J = \frac{1}{|sv - pv|_{\max}} \int_{t_1}^{t_2} |e(t)| t dt$, 其中, sv 为给定值 ; pv 为过

程检测值 ; $e(t)$ 为 t 时刻的偏差值 ; t_2 为控制进入稳态的时刻,稳态判定偏差为 $\pm 5\%$ (或 $\pm 2\%$)。若 J 大于预设性能指标限值,则判断控制性能不达标,进行回路自动整定；

[0051] (2) 自动整定时首先等待系统进入稳态,而后施加控制输出扰动,扰动量取 $5 \sim 10\%$ 控制输出量,并保持输出不变,获取对象的输出响应,分析响应曲线的滞后时间 τ 、对

象增益 K 和调节时间 t_s ;

[0052] (3) 整定控制器参数 K_p 、 T_i 通过下述公式获得 :

[0053] 当 $\frac{\tau}{T} < 0.1$ 时, $K_p = \frac{2}{\sqrt{K}}$, $T_i = 0.08 \times T$

[0054] 当 $\frac{\tau}{T} \geq 0.1$ 时, $K_p = \frac{\sqrt{T}}{2 \times \sqrt{K \times \tau}}$, $T_i = 1.25 \times \sqrt{T \times \tau}$

[0055] 式中 : K 为对象增益 ; τ 为滞后时间 ; T 为时间常数。

[0056] (4) 通过先进控制与优化站和过程控制站之间的数据通信方式,将整定后的控制器参数传输到过程控制站中,刷新控制器参数提高控制性能。

[0057] 为了实现锅炉效率为优化目标,对锅炉燃烧过程中的运行参数进行实时优化,保证系统运行在最佳燃烧区,具体如下 :

[0058] (1) 根据 GB10184—88 《电站锅炉性能试验规程》,采用热损失法计算锅炉热效率,公式为 $\eta = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$

[0059] 式中 : η ——锅炉热效率 % ; q_2 ——排烟热损失百分率 % ; q_3 ——可燃气体未完全燃烧热损失百分率 % ; q_4 ——固体未完全燃烧热损失百分率 % ; q_5 ——锅炉散热损失百分率 % ; q_6 ——灰渣物理热损失百分率 %。

[0060] (2) 由于国标计算锅炉效率公式中,有些参数无法实时检测,可以采用简化的锅炉效率计算公式建立新的优化目标函数,例如,采用排烟温度、烟气含氧量、飞灰含碳量建立目标函数,公式为 :

[0061] $J_{\max} = 100 - (k_1 P + k_2 g(Y) + k_3 F) \times 100$ 。

[0062] 式中 : J 为目标函数 ; P 为排烟温度 ; $g(Y)$ 为烟气含氧量对性能指标的作用函数,根据锅炉实际运行情况设置函数 ; F 为飞灰含碳量 ; k_1 、 k_2 、 k_3 分别为三个参数的权值,其中 $k_1 + k_2 + k_3 = 1$ 。

[0063] (3) 燃烧优化参数包括但不限于烟气含氧量设定值、二次风分配系数、给粉机分配系数等 ;

[0064] (4) 燃烧优化仅对单一运行参数进行时,例如 :被优化运行参数为烟气含氧量,先进控制与优化站中的燃烧优化步骤如下 :

[0065] 首先,进行燃烧系统判稳,燃烧系统稳定时记录当前锅炉优化目标函数值,以及烟气含氧量 ;

[0066] 然后,使烟气含氧量给定增加一个预置烟气含氧量步长值(范围 0.1 ~ 1),待系统稳定后,分为以下两种情况 :

[0067] 1) 如果目标函数值增加,则下步继续增加一个烟气含氧量步长值,直至目标函数值减小时,说明此时的锅炉系统已经在最佳燃烧区,结束本次优化,等待工况改变进行下次优化 ;

[0068] 2) 如果目标函数值减小,则进行优化步长反向,减小一个烟气含氧量步长,待系统稳定后,如果目标函数值增加,则下步继续减小一个烟气含氧量步长值 ;直至目标函数值减小时,说明此时的锅炉系统已经在最佳燃烧区,结束本次优化,等待工况改变进行下次优化。

[0069] (5) 锅炉控制与燃烧优化系统中,如果是两个或者两个以上优化参数时,例如,烟气含氧量、二次风分配系数等,多个参数进行逐一优化,而每一个参数的优化步骤同步骤(4)所述。当所有的优化参数进行第一次优化后,优化计数器 N 记作 1,如此循环,计数器 N 进行累加计算 $N=N+1$,当 N 等于一个预设优化次数值时停止优化,等待下次优化。

[0070] 为了实现在分布式控制系统监控层上增加先进控制与优化站,实现锅炉效率在线计算、先进控制算法、燃烧优化算法、以及锅炉控制与燃烧优化过程故障诊断,其特征在于:

[0071] (1) 先进控制与优化站可以采用单机或冗余方式构建;

[0072] (2) 先进控制与优化站通过数据通讯方式和过程控制站进行数据交换。通信方式包括但不限于 OPC、TCP/IP 等,过程控制站包括但不限于 PLC、PC 控制器等;

[0073] (3) 先进控制与优化站中的程序可以采用 VC、VB 等高级语言编程实现,也可以采用具有脚本语言(例如 VBA)功能的组态软件实现;

[0074] (4) 先进控制与优化站具有故障诊断功能,例如给粉机堵粉、自流诊断,送、引风机异常诊断等,强化了系统的安全性。

[0075] 本发明与现有技术相比,具有安全稳定,操作方便,节能降耗的优点。一方面能够保证锅炉控制系统的连续、稳定、安全、经济运行;另一方面能够提高锅炉效率,同时降低碳氧化物和氮氧化物的排放;本发明的应用还能减轻运行人员劳动强度,提高了自动投入率,因而具有显著的经济效益和良好的社会效益。

[0076] 下面结合附图对发明内容作进一步说明:

[0077] 参照图 1 所示,为主蒸汽压力控制回路控制框图,具体步骤为:

[0078] 首先,主蒸汽压力(流量)系统控制结构上采用串级控制模式、状态判断模块、前馈算法模块等相结合的控制模式,当主蒸汽压力偏差较大时,采用主蒸汽压力单回路控制模式;当主蒸汽压力偏差较小时,采用主蒸汽压力为外环,主蒸汽流量为内环的串级控制模式,以适应当前系统特性,提高控制性能;

[0079] 其次,主蒸汽压力控制回路的状态判断,包括但不限于主蒸汽压力偏差,也可以通过主蒸汽压力偏差变化率、母管压力变化率、主蒸汽流量变化率等判断回路的控制模式;

[0080] 最后,前馈算法采用增量式前馈方式,前馈量为汽包压力,前馈输出位置在主蒸汽流量控制器输出,主要作用是提前响应主蒸汽压力扰动,并快速消除扰动量。

[0081] 具体的控制过程为:采集锅炉的主蒸汽压力,将其与设定的主蒸汽压力进行偏差计算,偏差结果输出到压力控制器,压力控制器根据该偏差结果判断是否进行整定,整定后的结果最后再反馈给压力控制器,压力控制器最后再根据其反馈值发出指令,根据偏差大小选择主蒸汽压力单回路控制模式或串级控制模式。所述主蒸汽压力单回路控制模式和串级控制模式通过控制模式切换开关进行切换。如果选择主蒸汽压力单回路控制模式,则根据压力控制器的指令直接控制给粉调节阀,进而控制主蒸汽流量和主蒸汽压力;如果选择串级控制模式,则压力控制器发出的指令首先与主蒸汽流量进行偏差计算,其结果输出到流量控制器,流量控制器根据该偏差结果根据 PID 算法或模糊控制算法或者 PID 与模糊控制相结合的算法得出指令,该指令用于控制给粉调节阀,进而控制主蒸汽流量和主蒸汽压力。

[0082] 在所述串级控制模式,需要考虑汽包压力提供的前馈量,用以提前响应主蒸汽压力扰动,快速消除扰动量。

[0083] 参照图 2 所示,为烟气含氧量控制回路控制框图,具体步骤为:

[0084] 首先,烟气含氧量控制回路结构上采用两种不同的控制模式,当氧量偏差较大时,系统进入暂态模式,采用热风压力或者送风流量单回路控制;当氧量偏差较小时,系统进入稳态模式,采用烟气含氧量为外环,热风压力或者送风流量为内环的串级控制模式,实现对烟气含氧量的稳定控制,采用这种算法切换方式目的是为了在确保热风压力或者送风流量的基础之上实现烟气含氧量控制的优化燃烧;

[0085] 其次,前馈算法采用增量式前馈方式,前馈量为给粉机转速均值,前馈输出位置在热风压力或者送风流量控制器输出,主要作用是提前响应给粉变化对送风量带来的扰动,使风量随时满足负荷变化,保证系统安全稳定运行;

[0086] 最后,在先进控制与优化站中主要实现烟气含氧量回路的状态判断、氧量智能外给设定值的计算、送风机负荷分配、制粉系统的启停判断等算法,使系统的控制性能在原有的基础之上有了很大的改进。烟气含氧量控制回路的状态判断,包括但不局限于氧量偏差,也可以通过氧量偏差变化率、送风流量变化率、制粉系统启停、给粉机转速均值等判断回路的控制模式。氧量外给设定值主要通过锅炉负荷对应烟气含氧量折线函数为主函数,根据负荷的变化实时修改氧量设定值,同时结合制粉系统启停过程对氧量值的影响,使系统的送风量满足负荷的变化,提高燃烧效率。制粉系统的启停过程判断依据可以包括但不局限于排粉风机入口风压、排粉风机电流、磨煤机电流等参数,通过对这些参数的速率变化或者上下限值分析等方式,判断出制粉系统当前的状态,一般可以分为启动过程、停止过程、正常运行过程,停止状态。

[0087] 烟气含氧量控制过程具体为:采集烟气含氧量,将其与设定的烟气含氧量进行偏差计算,偏差结果输出到氧量控制器,氧量控制器根据该偏差结果选择单回路控制模式或串级控制模式。所述单回路控制模式和串级控制模式通过控制模式切换开关进行切换。如果选择单回路控制模式,则锅炉系统进入暂态模式,采用热风压力或者送风流量进行单回路控制;如果选择串级控制模式,则氧量控制器发出的指令首先与送风流量或热风压力进行偏差计算,其结果输出到送风流量/热风压力控制器,送风流量/热风压力控制器根据该偏差结果根据 PID 算法或模糊控制算法或者 PID 与模糊控制相结合的算法得出指令,该指令用于控制送风门,进而控制送风流量/热风压力和烟气含氧量。

[0088] 参照图 3 所示,为炉膛负压控制回路控制框图,具体步骤为:

[0089] 首先,炉膛负压控制回路的运行状态主要分为暂态和稳态,当炉膛负压偏差较大时,系统进入暂态模式,快速消除系统偏差;当炉膛负压偏差较小时,系统进入稳态模式,减少系统静差。对于不同的状态系统采用不同的控制器与过程值,使炉膛负压控制在前馈的作用下更为稳定精确,确保锅炉安全稳定运行;

[0090] 其次,在先进控制与优化站中主要实现炉膛负压回路的控制模式判断、制粉系统的启停过程判断、引风机负荷分配、引风机电流异常判断等算法,使炉膛负压控制的更加稳定精确。炉膛负压回路的模式判断包括但是不局限于炉膛负压偏差、炉膛负压变化率、送风流量变化率、制粉系统启停过程等;

[0091] 最后,引风机负荷分配通过对引风机电流或者挡板开度等作为负荷分配的依据,

- 有效合理的分配两个引风机的负荷,使执行机构的动作更加平稳,有利于系统的平稳控制。
- [0092] 具体控制过程为:采集炉膛负压,将其与设定的炉膛负压进行偏差计算,偏差结果输出到负压控制器,负压控制器根据该偏差结果判断是否进行整定,整定后的结果最后再反馈给负压控制器,负压控制器根据反馈结果输出指令,控制引风机电流或挡板开度,进而控制炉膛负压。
- [0093] 参照图 4 所示,为屏过出口温度控制回路控制框图,具体步骤为:
- [0094] 首先,屏过出口温度控制回路采用带有前馈的串级控制方式,一级减温串级控制回路的外环为屏过出口温度,内环为一级减温水出口温度;
- [0095] 其次,一级减温水控制回路的前馈量为排粉风机入口风压,前馈算法作用在外环控制器的输出;
- [0096] 最后,在先进控制与优化站中主要实现屏过出口温度控制回路的模式判断等算法。
- [0097] 屏过出口温度控制过程具体为:采集屏过出口温度,将其与设定的屏过出口温度进行偏差计算,偏差结果输出到屏过出口温度控制器,屏过出口温度控制器将其输出结果再与一级减温水出口温度进行偏差计算,其结果输出到一级减温水出口温度控制器,一级减温水出口温度控制器根据其偏差输出指令,以控制一级减温水阀门,进而控制一级减温水出口温度和屏过出口温度。参照图 5 所示,为主蒸汽温度控制回路控制框图,具体步骤为:
- [0098] 首先,主蒸汽温度控制回路采用带有前馈的串级控制方式,二级减温串级控制回路的外环为主蒸汽温度,内环为二级减温水出口温度,不仅能快速消除系统内环扰动,而且能使主汽温度通过外环细调作用,使其稳定在设定值;
- [0099] 其次,二级减温水控制回路的前馈量为排粉风机入口风压,前馈算法作用在外环控制器的输出;
- [0100] 最后,在先进控制与优化站中主要实现主蒸汽温度回路模式判断、减温水阀门全关处理等算法。当主蒸汽温度未达到设定值同时低于某一个限值时,进行减温水全关计算,进行快速的低限保护。
- [0101] 具体控制过程为:采集主蒸汽温度,将其与设定的主蒸汽温度进行偏差计算,偏差结果输出到主蒸汽温度控制器,主蒸汽温度控制器将其输出结果与二级减温水出口温度进行偏差计算,其结果输出到二级减温水出口温度控制器,二级减温水出口温度控制器根据其结果发出指令,以控制二级减温水阀门、二级减温水出口温度和主蒸汽温度。参照图 6 所示,为汽包水位控制回路控制框图,具体步骤为:
- [0102] 首先,汽包水位控制回路在采用三冲量控制的基础上,当汽包水位偏差较大时,系统进入暂态模式,采用汽包水位单回路控制;当汽包水位偏差较小时,系统进入稳态模式,采用汽包水位外环,给水流量内环的串级控制模式。
- [0103] 其次,在先进控制与优化站中主要实现汽包水位控制模式判断,通过判断汽包水位偏差进行两种控制模式自动无扰切换,但判断控制模式依据包括但不限于汽包水位偏差、汽包水位变化率等参数。
- [0104] 最后,在汽包水位超过预定的限值时,旁路给水阀门切入自动调节模式,当水位恢复到正常偏差值范围内时,旁路给水阀门恢复手动调节模式。

[0105] 具体控制过程为：采集汽包水位，将其与设定的汽包水位进行偏差计算，偏差结果输出到水位控制器，水位控制器根据该偏差结果判断是否进行整定，整定后的结果最后再反馈给水位控制器，水位控制器最后再根据其反馈值判断选择单回路控制模式或串级控制模式。所述单回路控制模式和串级控制模式通过控制模式切换开关进行切换。如果选择单回路控制模式，则根据水位控制器的指令直接控制主给水阀，进而控制给水流量和汽包水位；如果选择串级控制模式，则水位控制器发出的指令首先与给水流量进行偏差计算，其结果输出到流量控制器，流量控制器根据该偏差结果根据 PID 算法或模糊控制算法或者 PID 与模糊控制相结合的算法得出指令，该指令用于控制主给水阀，进而控制给水流量和汽包水位。

[0106] 参照图 7 所示，自整定控制算法在先进控制与优化站中实现，自整定主要是通过辨识控制对象，从而计算出控制参数，然后送入到控制器中，最终改善控制性能。

[0107] 一般控制对象的传递函数为： $G(s) = \frac{K}{TS + 1} e^{-\tau s}$ ，其中 K 为对象增益， τ 为滞后时间，T 为时间常数。自整定 PID 控制结构图如图 7 所示。当整定条件满足时启动自整定控制算法，通过辨识控制对象，从而计算出控制参数，然后送入到控制器中，最终改善控制性能，具体整定过程如前所述，在此不再赘述。

[0108] (

[0109] 参照图 8 所示，为锅炉燃烧优化原理图。假设系统原工作在 $D_1(F_1, \alpha_1)$ 点，F 为烟气含氧量给定值。给自变量以任意增量 ΔF ，系统的工作点将移到一个新的位置 $\Delta D(F_1 + \Delta F, \alpha_1 + \Delta \alpha)$ ，计算 D_1 点的梯度若梯度为正，说明极值点在 D_1 的右边，下一步应继续增加 F；假设 $D_2(F_2, \alpha_2)$ 点，给自变量以任意增量 ΔF ，若梯度为负，说明极值点在 D_2 的左边，下一步应减小 F，如此不断搜索，直至最终找到并稳定在最佳燃烧区。

[0110] 参照图 9 所示，为燃烧优化算法流程图，优化参数以烟气含氧量设定值为例，具体步骤为：

[0111] (1) 优化启动条件为系统在投入自动的条件下、通讯检测正常以及操作员启动优化按钮时，优化程序开始运行，然后执行第(2)步；

[0112] (2) 在优化开始时，首先初始化参数，记录各个二次风门开度、目标函数值 $Ef1$ 、步长方向 Dir（首次运行为正方向）、K 为步长值、烟气含氧量设定值 OSP、首次计算标志位置位、时间计时器、计数器等，然后执行第(3)步；

[0113] (3) 锅炉控制系统是否稳定的判断依据为主蒸汽压力、烟气含氧量、炉膛负压、汽包水位、主蒸汽温度的偏差值在正常范围内，系统波动较小相对稳定，在此时即可判定锅炉控制系统处于稳定状态，在系统稳定之后进行第(4)步，如果系统在一段时间内没有进入稳定状态，则判断超时，说明此时不具备燃烧优化的条件，跳出燃烧优化程序；

[0114] (4) 在系统稳定的前提下，进行烟气含氧量设定值步长计算， $SPO = SPO + Dir \times K$ ，式中 SPO 为氧量设定值，Dir 为步长方向，首次执行时默认为正方向，K 为步长值（一般取 0.1 ~ 1），然后执行第(5)步；

[0115] (5) 进行系统二次判稳。在执行完第(4)步后，锅炉控制系统运行一段时间，这段时间跟系统的滞后时间有关系，一般取滞后时间的 $\pm 5s$ ，之后进行系统的二次判稳，判稳依据如第(3)步所述，如果系统稳定则执行第(6)步，如果系统在一段时间内没有进入稳定状

态,则判断超时,说明此时不具备燃烧优化的条件,跳出燃烧优化程序;

[0116] (6) 记录稳定后系统的相关参数,例如,本次的目标函数值 E_{fn} ,二次风门开度,烟气含氧量设定值 SP_0 、步长方向 Dir 等相关参数,然后执行第(7)步;

[0117] (7) 进行本次和上次目标函数值的比较。把第(2)步记录的目标函数值与第(6)步记录的目标函数值进行比较,如果本次计算的目标函数值 E_{fn} 大于上次目标函数值 E_{f1} ,则说明本次优化有效,将本次目标函数值 E_{fn} 赋值给上次目标函数值 E_{f1} ,然后执行步骤(4),同时将首次循环标志位复位;如果本次计算的目标函数值 E_{fn} 小于等于上次目标函数值 E_{f1} ,则说明本次优化无效,执行第(8)步;

[0118] (8) 判断首次运算位,如果优化程序不是首次循环则跳出燃烧优化算法,说明此时程序已经进行过一次独立参数的优化运算,此优化过程是一个正向搜索过程;如果判断是首次循环运算,则进行第(9)步反向搜索优化运算;

[0119] (9) 将 -1 赋值给 Dir ,进行反向搜索,然后进行第(10)步;

[0120] (10) 进行烟气含氧量设定值步长计算, $SP_0=SP_0+Dir \times K$,式中 SP_0 为氧量设定值, Dir 为步长方向(此时为值为 -1), K 为步长值(一般取 $0.1 \sim 1$),然后执行第(11)步;

[0121] (11) 进行系统二次判稳。在执行完第(10)步后,锅炉控制系统运行一段时间,这段时间跟系统的滞后时间有关系,一般取滞后时间的 $\pm 5s$,之后进行系统的二次判稳,判稳依据如第(3)步所述,如果系统稳定则执行第(12)步,如果系统在一段时间内没有进入稳定状态,则判断超时,说明此时不具备燃烧优化的条件,跳出燃烧优化程序;

[0122] (12) 记录稳定后系统的相关参数,例如,本次的目标函数值 E_{fn} ,二次风门开度,烟气含氧量设定值 SP_0 、步长方向 Dir 等相关参数,然后执行第(13)步;

[0123] (13) 进行本次和上次目标函数值的比较。把第(2)步记录的目标函数值与第(12)步记录的目标函数值进行比较,如果本次计算的目标函数值 E_{fn} 大于上次目标函数值 E_{f1} ,则说明本次优化有效,将本次目标函数值 E_{fn} 赋值给上次目标函数值 E_{f1} ,然后执行步骤(10);如果本次计算的目标函数值 E_{fn} 小于等于上次目标函数值 E_{f1} ,则说明本次优化结束,已经找到最佳燃烧区,结束燃烧优化程序;

[0124] (14) 燃烧优化算法结束,保存优化后相关参数,等待下次优化。

[0125] 参照图 10 所示,二次风门系数优化算法流程图,以上下两层风为例,具体步骤为:

[0126] (1) 优化启动条件为系统在投入自动的条件下、通讯检测正常以及操作员启动优化按钮时,优化程序开始运行,然后执行第(2)步;

[0127] (2) 在优化开始时,首先初始化参数,记录各个二次风门开度、目标函数值、上下两层二次风门系数 C_1 和 C_2 其中, $C_1+C_2=2$ 、烟气含氧量设定值 OSP 等运行参数,然后执行第(3)步;

[0128] (3) 锅炉控制系统是否稳定的判断依据为主蒸汽压力、烟气含氧量、炉膛负压、汽包水位、主蒸汽温度的偏差值在正常范围内,系统波动较小相对稳定,在此时即可判定锅炉控制系统处于稳定状态,在系统稳定之后进行第(4)步,如果系统在一段时间内没有进入稳定状态,则判断超时,说明此时不具备燃烧优化的条件,跳出燃烧优化程序;

[0129] (4) 在系统稳定的前提下,进行上下层系数 C_1 、 C_2 的步长计算, $C_1=C_1+Dir \times K$, $C_2=C_2-Dir \times K$,式中 C_1 、 C_2 为二次风层系数, Dir 为步长方向,首次执行时默认为正方向, K 为步长值(一般取 $0.01 \sim 0.1$),然后执行第(5)步;

[0130] (5) 进行系统二次判稳。在执行完第(4)步后,锅炉控制系统运行一段时间,这段时间跟系统的滞后时间有关系,一般取滞后时间的 $\pm 5s$,之后进行系统的二次判稳,判稳依据如第(3)步所述,如果系统稳定则执行第(6)步,如果系统在一段时间内没有进入稳定状态,则判断超时,说明此时不具备燃烧优化的条件,跳出燃烧优化程序;

[0131] (6) 记录稳定后系统的相关参数,例如,本次的目标函数值 E_{fn} ,二次风门开度、步长方向 Dir 、二次风门层系数 $C1$ 、 $C2$ 等相关参数,然后执行第(7)步;

[0132] (7) 进行本次和上次目标函数值的比较。把第(2)步记录的目标函数值与第(6)步记录的目标函数值进行比较,如果本次计算的目标函数值 E_{fn} 大于上次目标函数值 E_{f1} ,则说明本次优化有效,将本次目标函数值 E_{fn} 赋值给上次目标函数值 E_{f1} ,然后执行步骤(4),同时将首次循环标志位复位;如果本次计算的目标函数值 E_{fn} 小于等于上次目标函数值 E_{f1} ,则说明本次优化无效,执行第(8)步;

[0133] (8) 判断首次运算位,如果优化程序不是首次循环则跳出燃烧优化算法,说明此时程序已经进行过一次独立参数的优化运算,此优化过程是一个正向搜索过程;如果判断是首次循环运算,则进行第(9)步反向搜索优化运算;

[0134] (9) 将 -1 赋值给 Dir ,进行反向搜索,然后进行第(10)步;

[0135] (10) 进行上、下层风步长计算, $C1=C1+Dir \times K$, $C2=C2-Dir \times K$,式中 $C1$ 、 $C2$ 为二次风层系数, Dir 为步长方向(此时为值为 -1), K 为步长值(一般取 $0.01 \sim 0.1$),然后执行第(11)步;

[0136] (11) 进行系统二次判稳。在执行完第(10)步后,锅炉控制系统运行一段时间,这段时间跟系统的滞后时间有关系,一般取滞后时间的 $\pm 5s$,之后进行系统的二次判稳,判稳依据如第(3)步所述,如果系统稳定则执行第(12)步,如果系统在一段时间内没有进入稳定状态,则判断超时,说明此时不具备燃烧优化的条件,跳出燃烧优化程序;

[0137] (12) 记录稳定后系统的相关参数,例如,本次的目标函数值 E_{fn} ,二次风门开度、二次风层系数、步长方向 Dir 等相关参数,然后执行第(13)步;

[0138] (13) 进行本次和上次目标函数值的比较。把第(2)步记录的目标函数值与第(12)步记录的目标函数值进行比较,如果本次计算的目标函数值 E_{fn} 大于上次目标函数值 E_{f1} ,则说明本次优化有效,将本次目标函数值 E_{fn} 赋值给上次目标函数值 E_{f1} ,然后执行步骤(10);如果本次计算的目标函数值 E_{fn} 小于等于上次目标函数值 E_{f1} ,则说明本次优化结束,已经找到最佳燃烧区,结束燃烧优化程序;

[0139] (14) 燃烧优化算法结束,保存优化后相关参数,等待下次优化。

[0140] 参照图 11 所示,多参数优化算法流程图,例如优化参数选择烟气含氧量设定值、二次风分配系数,具体步骤为:

[0141] (1) 优化启动条件为系统在投入自动的条件下、通讯检测正常以及操作员启动优化按钮时,优化程序开始运行,然后执行第(2)步;

[0142] (2) 在优化开始时,首先初始化参数,记录各个二次风门开度、目标函数值、二次风门系数、烟气含氧量设定值 OSP 等运行参数,然后执行第(3)步;

[0143] (3) 锅炉控制系统是否稳定的判断依据为主蒸汽压力、烟气含氧量、炉膛负压、汽包水位、主蒸汽温度的偏差值在正常范围内,系统波动较小相对稳定,在此时即可判定锅炉控制系统处于稳定状态,在系统稳定之后进行第(4)步,如果系统在一段时间内没有进入稳

定状态,则判断超时,说明此时不具备燃烧优化的条件,跳出燃烧优化程序;

[0144] (4) 烟气含氧量设定值优化算法流程参照图 8 所示,当烟气含氧量设定值参数优化结束后,进入第(5)步;

[0145] (5) 系统的判断过程如同第(3)所述,当系统稳定则进行第(6)步,如果系统不稳定则跳出此次优化;

[0146] (6) 二次风门系数优化算法流程参照图 9 所示,当二次风门系数优化结束后,进入第(7)步;

[0147] (7) 通过计数器判断优化次数,当 $N=N+1$ 时进入第(8)步,否则继续第(3)步;

[0148] (8) 结束本次优化,保存优化后相关参数,等待下次优化。

[0149] 参照图 12 所示,系统需要新增先进控制与优化站(冗余),以双网络方式为例,网络结构如图所示,其特征不在于:

[0150] (1) 先进控制与优化站可以采用单机或冗余方式构建;

[0151] (2) 先进控制与优化站通过数据通讯方式和过程控制站进行数据交换。通信方式包括但不限于 OPC、TCP/IP 等,过程控制站包括但不限于 PLC、PC 控制器等;

[0152] (3) 先进控制与优化站中的程序可以采用 VC、VB 等高级语言编程实现,也可以采用具有脚本语言(例如 VBA)功能的组态软件实现;

[0153] (4) 先进控制与优化站具有故障诊断功能,例如给粉机堵粉、自流诊断,送、引风机异常诊断等,强化了系统的安全性。

[0154] 给粉机堵粉判断步骤如下:

[0155] 首先,采集一次风混合后温度、一次风混合后风压、烟气含氧量参数值等;

[0156] 其次,计算一次风混合后温度变化率、一次风混合后风压变化率;

[0157] 再次,进行状态判断。当堵塞发生在一次风压测点前时,一次风压减小,变化率小于某一个限值,同时混合后温度升高,温度变化率大于某一个限值,并且氧量值增大,则此时判断堵粉发生;

[0158] 当堵塞发生在一次风压测点后时,一次风压值较其它未堵管和平时有所升高,当风压变化率大于某一个限值时,同时氧量值增大,则此时判断堵粉发生;

[0159] 最后,进行相应的报警和处理,建议将发生堵粉的给粉机切为手动。

[0160] 给粉机自流判断步骤如下:

[0161] 首先,采集一次风混合后温度变化率、粉仓粉位等参数;

[0162] 其次,计算一次风混合后温度变化率,定义粉仓粉位限值;

[0163] 最后,当粉仓粉位低于某个限定值,同时一次风混合后温度变化率大于一个定值,则判断此时发生自流现象。

[0164] 本发明具有以下特点:

[0165] ●实现主蒸汽压力自动控制,系统稳定后控制偏差 $\pm 0.3\text{Mpa}$;

[0166] ●实现炉膛负压自动控制,系统稳定后控制偏差 $\pm 50\text{Pa}$;

[0167] ●实现汽包水位自动控制,系统稳定后控制偏差 $\pm 40\text{mm}$;

[0168] ●实现烟气含氧量自动控制,系统稳定后控制偏差 $\pm 1\%$;

[0169] ●实现主蒸汽温度自动控制,系统稳定后控制偏差波动范围在 $(-10, +5)^\circ\text{C}$;

[0170] ●锅炉控制参数的在线整定,确保各个回路的控制性能;

- [0171] ● 锅炉燃烧系统优化,使系统维持在最佳燃烧区;
- [0172] ● 锅炉效率在线计算,实现锅炉效率的实时显示与读取;
- [0173] ● 提高锅炉效率 $\geq 0.3\%$;
- [0174] ● 锅炉运行诊断,例如堵粉、自流、风机异常等判断。

[0175] 最后,还需注意的是,以上列举的仅是本发明的一个具体实施例。显然,本发明不限于以上实施例,还可以有许多变形。本领域的普通技术人员能从本发明公开的内容直接导出或联想到的所有变形,均认为是本发明的保护范围。

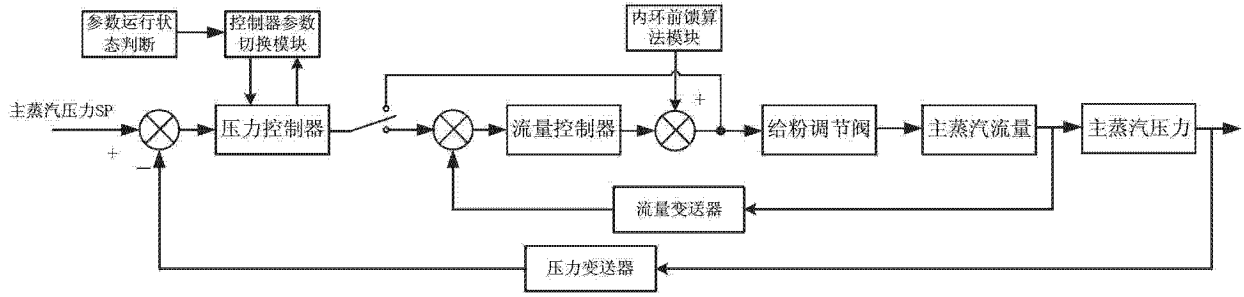


图 1

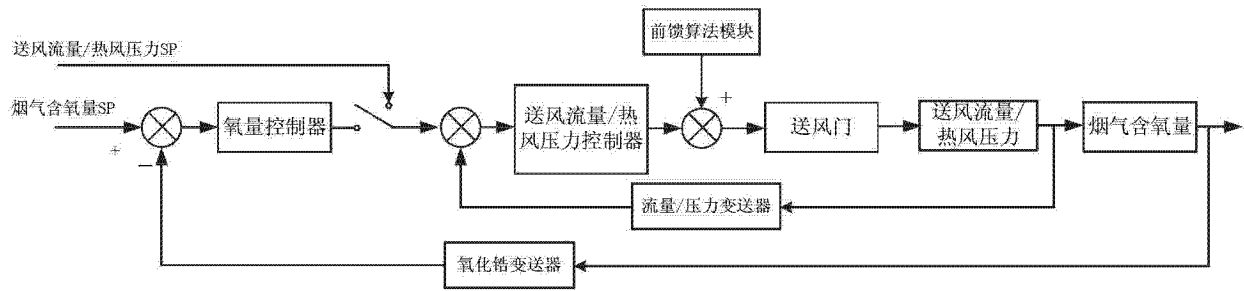


图 2

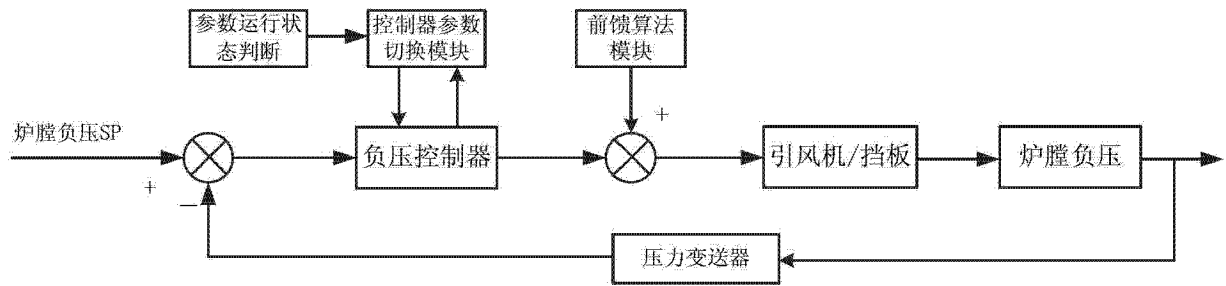


图 3

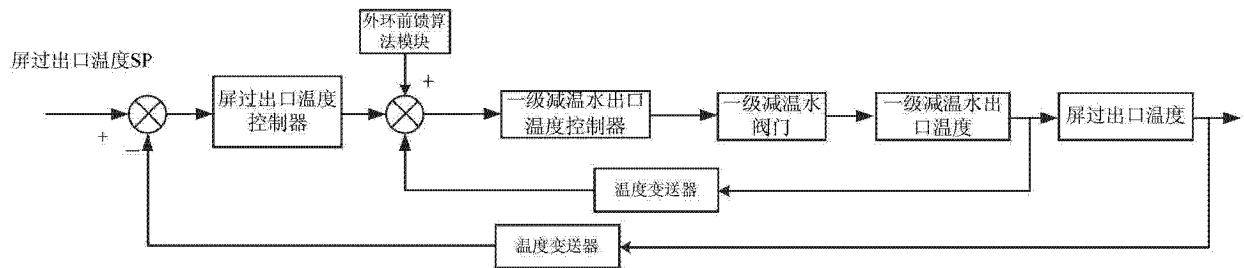


图 4

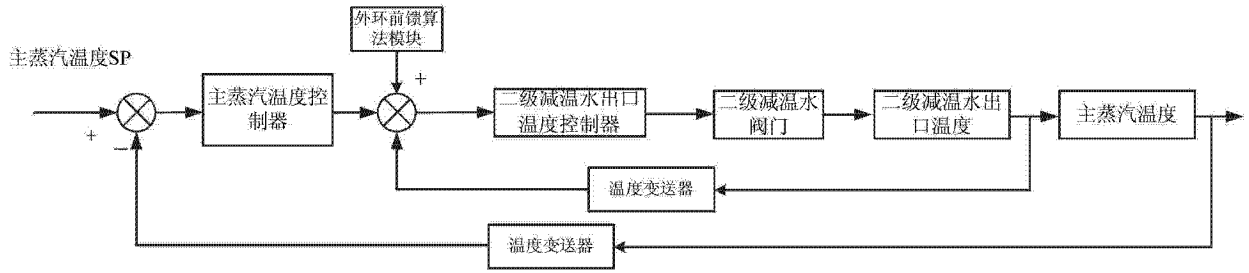


图 5

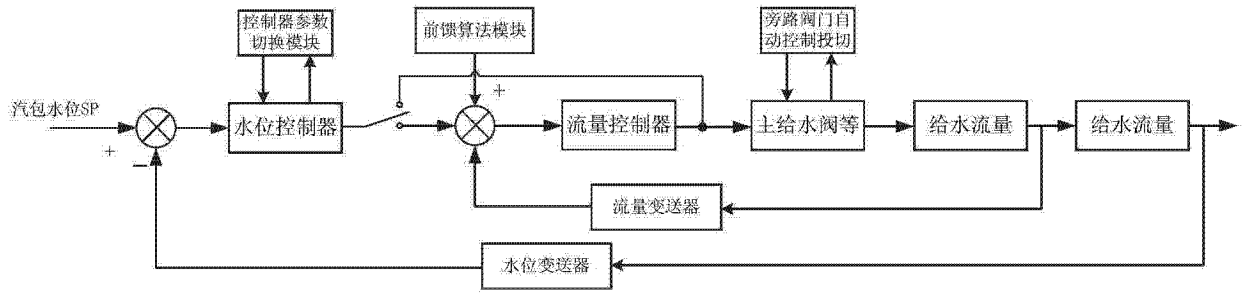


图 6

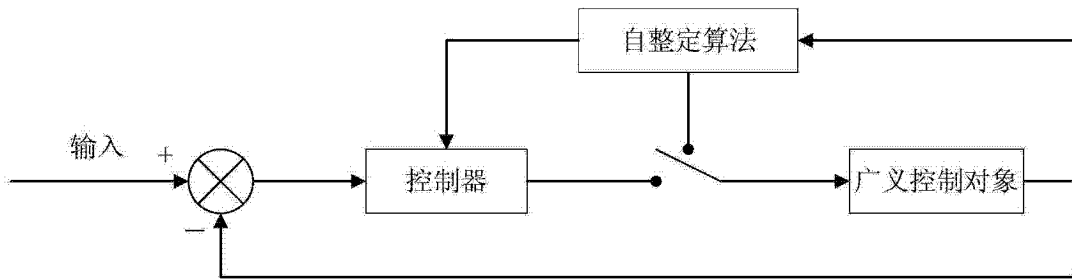


图 7

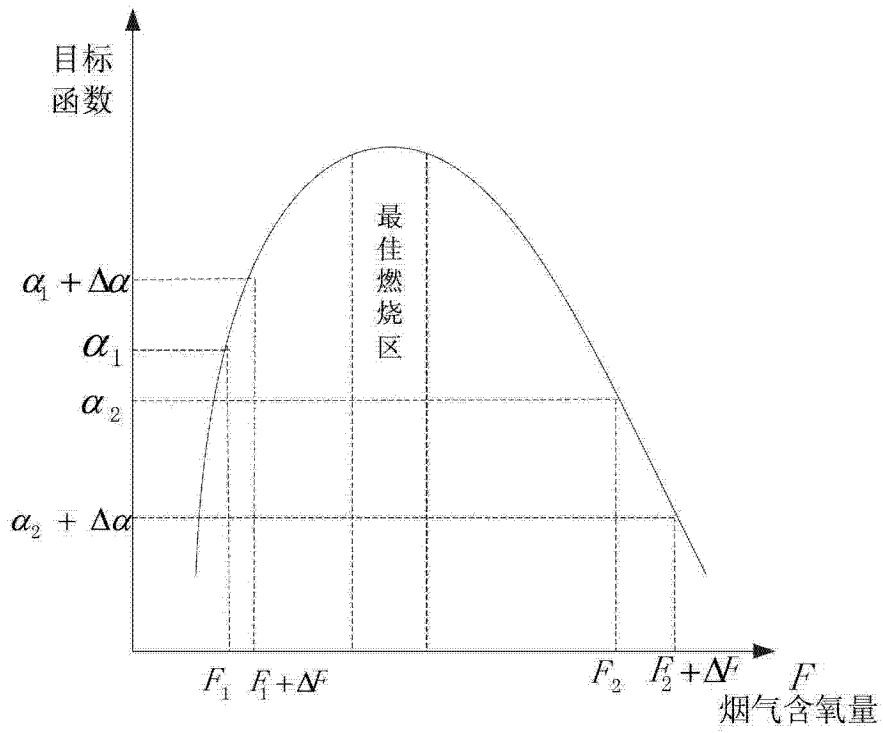


图 8

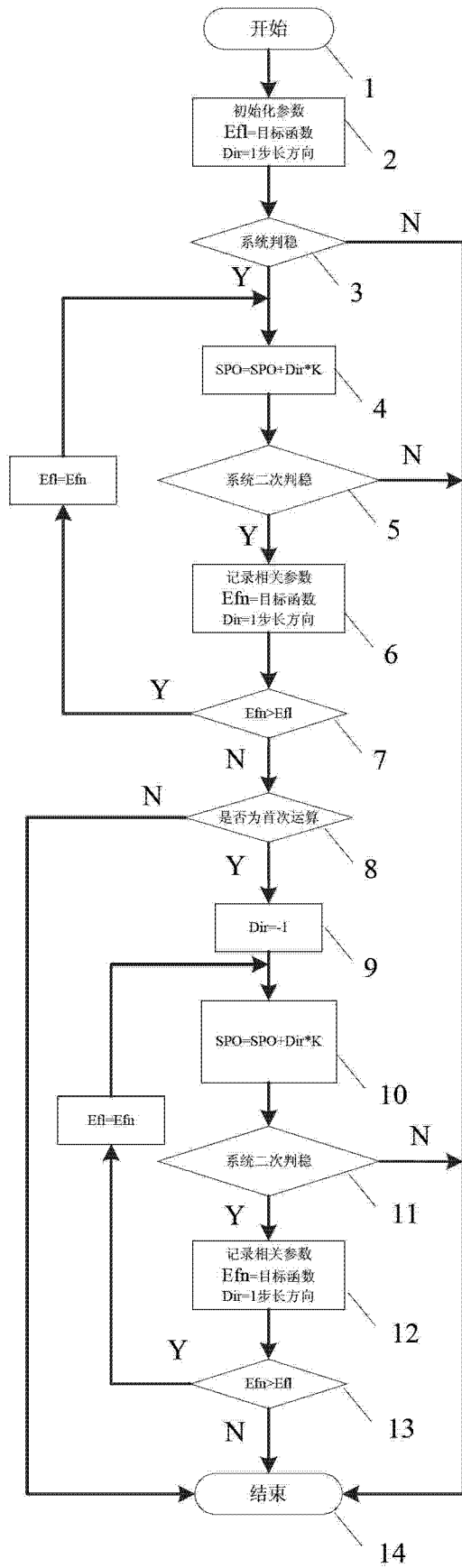


图 9

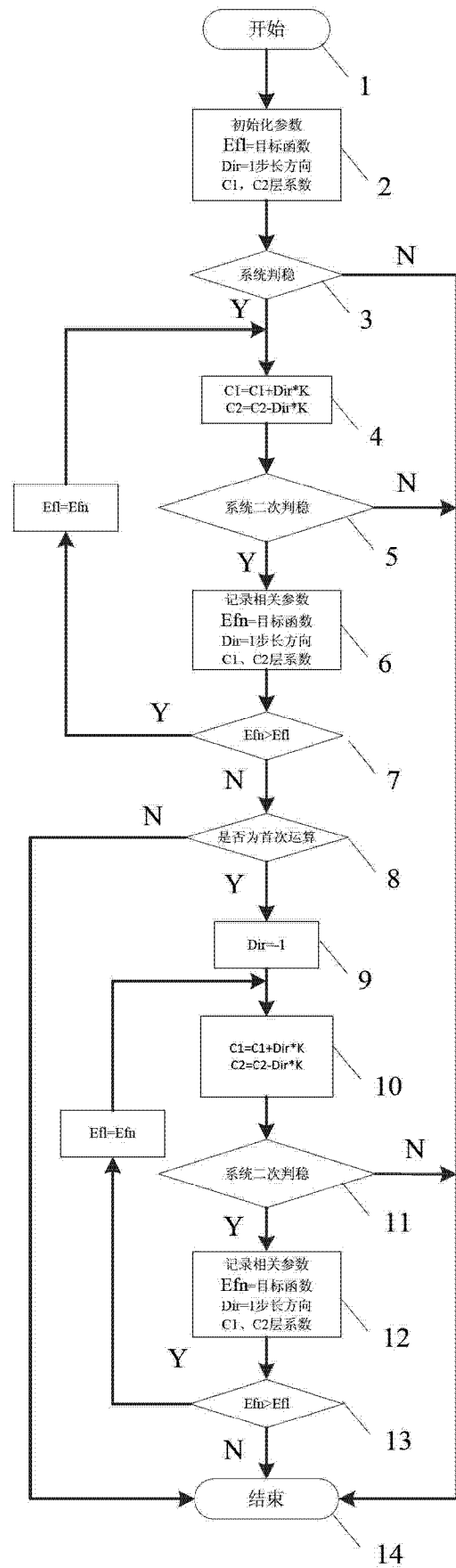


图 10

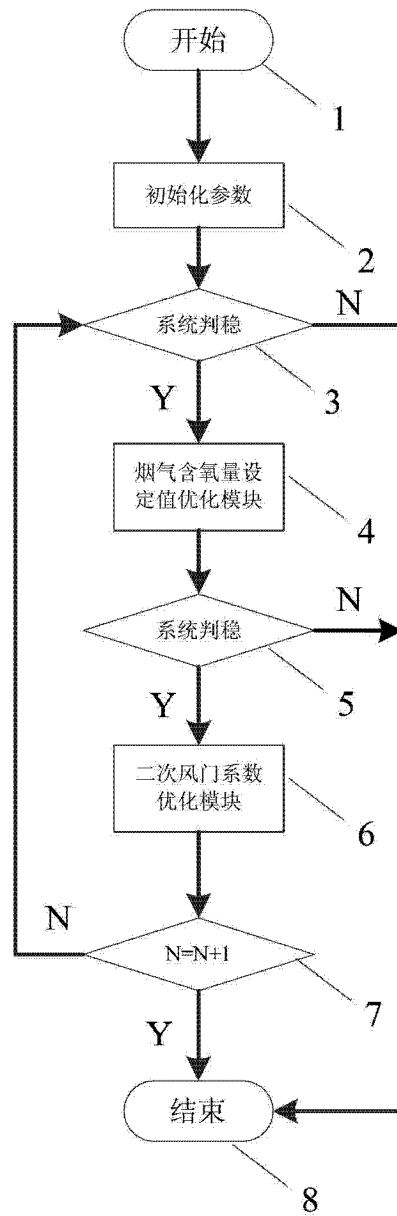


图 11

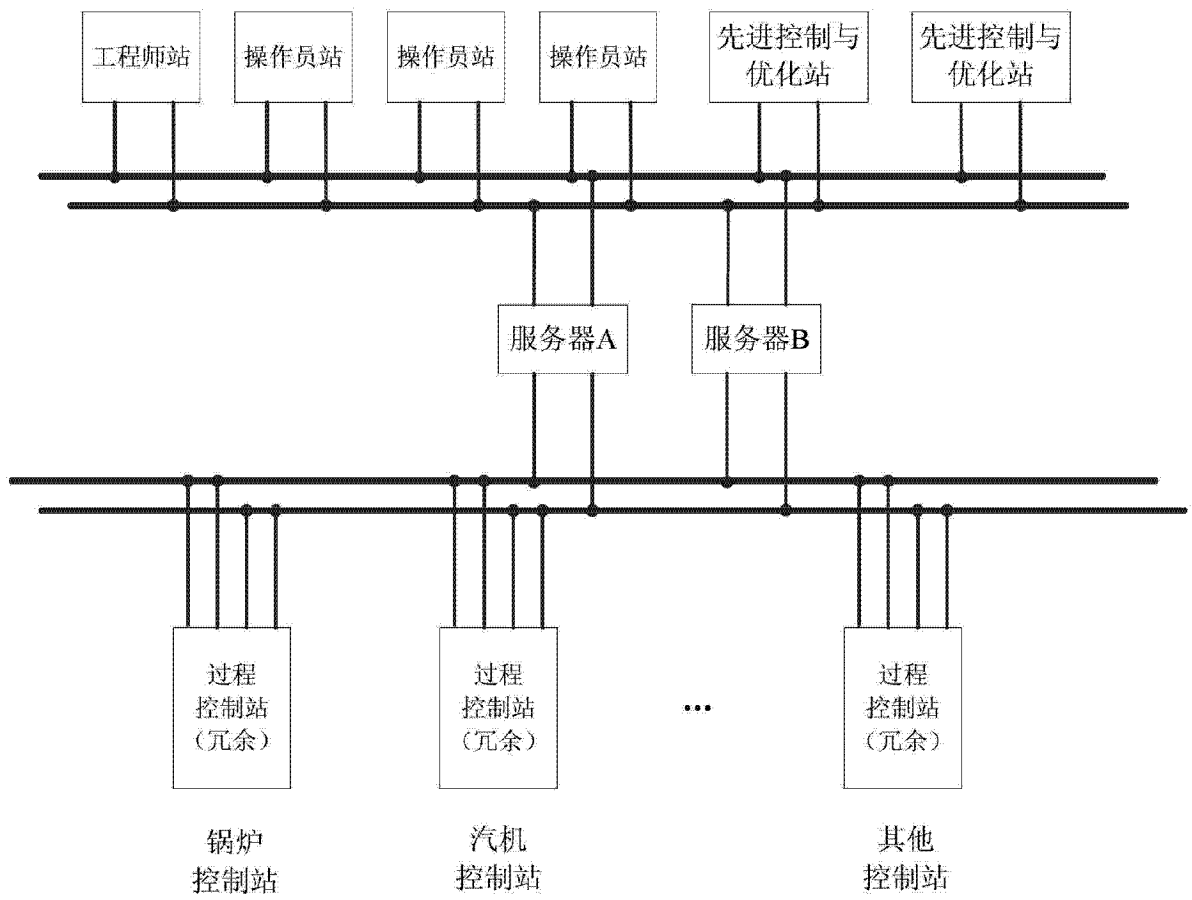


图 12