(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109603453 A
(43)申请公布日 2019.04.12

(21)申请号 201811584082.3

(22)申请日 2018.12.24

(71)申请人 国家能源投资集团有限责任公司
地址 100011 北京市东城区安定门西滨河路22号
申请人 神华国能集团有限公司

(72)发明人 邬万竹 冀树春 李影平 王虎 胡昌华 辛胜伟 张建生 谢国威 陶世健 顾从阳 杜佳军 韩新建 段守保

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责任公司 11240
代理人 韩建伟 董文倩

(51)Int.Cl.
B01D 53/50(2006.01)
B01D 53/83(2006.01)

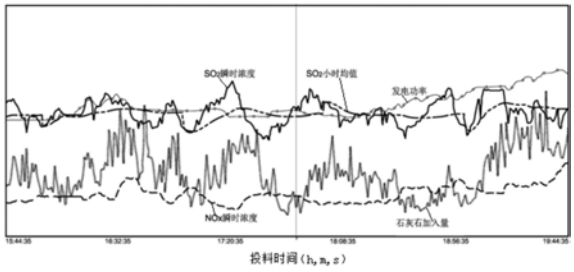
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

循环流化床锅炉中石灰石投料量的控制方法

(57)摘要

本发明提供了一种循环流化床锅炉中石灰石投料量的控制方法。该控制方法包括:S1,采集石灰石的实时投料量和燃煤的实时投料量;S2,根据石灰石的实时投料量和燃煤的实时投料量,采用积分法计算石灰石与燃煤的投料比,记为K;S3,根据K和燃煤的当前投料量,计算石灰石的最优投料量,并进行两次修正后,给出最终的石灰石投料量目标值。上述控制方法在多个单位的实际应用中,取得了较好的效果,有效地减少了循环流化床电厂中SO_2浓度控制困难,石灰石加入系统调节滞后、过调等问题,降低的运行钙硫比,减少了脱硫石灰石的消耗,提高了电厂运行经济性。



CN 109603453 A

1.一种循环流化床锅炉中石灰石投料量的控制方法,其特征在于,所述控制方法包括:

S1,采集石灰石的实时投料量和燃煤的实时投料量;

S2,根据所述石灰石的实时投料量和所述燃煤的实时投料量,采用积分法计算所述石灰石与所述燃煤的投料比,记为K;

S3,根据所述K和所述燃煤的当前投料量,计算所述石灰石的最优投料量。

2.根据权利要求1所述的控制方法,其特征在于,所述步骤S2中,计算所述K的步骤包括:

将周期t内的所述石灰石的投料累计总量与所述燃煤的投料累计总量之比进行实时积分运算,得出所述石灰石与所述燃煤的投料比$\mathrm{K}=\int_0^t(dL/dt)\Big/\int_0^t(dC/dt)$,其中所述L代表石灰石的实时投料量,所述C代表燃煤的实时投料量。

3.根据权利要求2所述的控制方法,其特征在于,所述周期t为2～4h。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的控制方法,其特征在于,所述步骤S3中计算所述石灰石的最优投料量的步骤包括:计算所述K与所述燃煤的当前投料量的乘积G,得到所述石灰石的最优投料量。

5.根据权利要求4所述的控制方法,其特征在于,在计算所述乘积G的步骤之后,所述步骤S3中计算石灰石的最优投料量的步骤还包括对所述石灰石的投料量进行第一次修正的步骤,所述第一次修正的步骤包括:

监测SO_2的实时排放浓度,并计算所述SO_2的实时排放浓度的变化率$u=d(SO_2)/dt$;

将K_1作为第一修正系数,计算所述石灰石的第一修正值$K_1\times(d(SO_2)/dt)$,K_1为0.04～0.06,然后将所述乘积G和所述第一修正值之和作为所述石灰石的最优投料量。

6.根据权利要求5所述的控制方法,其特征在于,所述$K_1\times(d(SO_2)/dt)$的取值范围为1.5～5t/h。

7.根据权利要求5或6所述的控制方法,其特征在于,所述控制方法还包括:所述燃煤的投料量增加后,在时间T_0后将所述石灰石的投料量调节至所述燃煤的投料量对应的值,所述T_0为3～6min。

8.根据权利要求5至7中任一项所述的控制方法,其特征在于,当所述SO_2的实时排放浓度超过设定值时,在进行所述第一次修正的步骤之后,所述步骤S3中计算石灰石的最优投料量的步骤还包括对所述石灰石的投料量进行第二次修正的步骤,所述第二次修正步骤包括:将所述SO_2的实时排放浓度与所述设定值偏差值记为$\delta(SO_2)$,第二修正系数记为K_2,所述第二修正值为$K_2\times\delta(SO_2)$,其中所述K_2为0.05～0.07,然后将所述乘积G、所述第一修正值及所述第二修正值之和作为所述石灰石的最优投料量。

循环流化床锅炉中石灰石投料量的控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及循环流化床领域，具体而言，涉及一种循环流化床锅炉中石灰石投料量的控制方法。

背景技术

[0002] 循环流化床(CFB)锅炉发电机组大多采用炉内脱硫，即通过气力输送管线将石灰石粉喷入炉膛内来控制SO_2排放浓度。但SO_2排放浓度则随着运行工况的改变和煤质的变化时常会短时波动和瞬时超标的现象，甚至有时还会因为保证环保参数合格而影响机组带负荷。

[0003] CFB锅炉石灰石加入系统一般都是通过自动和手动控制石灰石的给料机频率调整石灰石加入量，即增减钙硫摩尔比来调整SO_2排放量。石灰石脱硫反应的进行受到多方面因素的影响：脱硫反应需要耗氧，氧量在一定范围内提高有利于脱硫反应的进行，同时床温在850～890℃，脱硫效果最佳。此外石灰石在炉内的停留时间、石灰石活性等因素也影响着石灰石脱硫效率，影响SO_2排放浓度。

[0004] 目前，现有的石灰石加入系统中的自动控制功能不能很好满足SO_2波动较大的情况。从实际使用效果来看，受煤质影响，SO_2排放值波动较大，操作员在改变石灰石加入量时缺乏参考值，同时SO_2排放相比锅炉给煤量变化及石灰石加入量的变化有较大的滞后性，因此在手动或自动调整石灰石加入量时容易出现过调的现象，造成SO_2排放波动或超标，影响机组安全环保运行。

发明内容

[0005] 本发明的主要目的在于提供一种循环流化床锅炉中石灰石投料量的控制方法，以解决现有的石灰石加入系统中的自动控制功能不能很好满足SO_2波动较大的情况的问题。

[0006] 为了实现上述目的，根据本发明提供了一种循环流化床锅炉中石灰石投料量的控制方法，该控制方法包括：S1，采集石灰石的实时投料量和燃煤的实时投料量；S2，根据石灰石的实时投料量和燃煤的实时投料量，采用积分法计算石灰石与燃煤的投料比，记为K；S3，根据K和燃煤的当前投料量，计算石灰石的最优投料量。

[0007] 进一步地，步骤S2中，计算K的步骤包括：将周期t内的石灰石的投料累计总量与燃煤的投料累计总量之比进行实时积分运算，得出石灰石与燃煤的投料比$\mathrm{K}=\int_0^t (dL/dt) \Big/ \int_0^t (dC/dt)$，其中L代表石灰石的实时投料量，C代表燃煤的实时投料量。

[0008] 进一步地，周期t为2～4h。

[0009] 进一步地，步骤S3中计算石灰石的最优投料量的步骤包括：计算K与燃煤的当前投料量的乘积G，得到石灰石的最优投料量。

[0010] 进一步地，在计算乘积G的步骤之后，步骤S3中计算石灰石的最优投料量的步骤还包括对石灰石的投料量进行第一次修正的步骤，第一次修正的步骤包括：监测SO_2的实时排

放浓度，并计算SO_2的实时排放浓度的变化率u＝d(SO_2)/dt；将K_1作为第一修正系数，计算石灰石的第一修正值K_1×(d(SO_2)/dt)，K_1为0.04～0.06，然后将乘积G和第一修正值之和作为石灰石的最优投料量。

[0011] 进一步地，K_1×(d(SO_2)/dt)的取值范围为1.5～5t/h。

[0012] 进一步地，上述控制方法还包括：燃煤的投料量增加后，在时间T_0后将石灰石的投料量调节至燃煤的投料量对应的值，T_0为3～6min。

[0013] 进一步地，当SO_2的实时排放浓度超过设定值时，在进行第一次修正的步骤之后，步骤S3中计算石灰石的最优投料量的步骤还包括对石灰石的投料量进行第二次修正的步骤，第二次修正步骤包括：将SO_2的实时排放浓度与设定值偏差值记为δ(SO_2)，第二修正系数记为K_2，第二修正值为K_2×δ(SO_2)，其中K_2为0.05～0.07，然后将乘积G、第一修正值及第二修正值之和作为石灰石的最优投料量。

[0014] 应用本发明的技术方案，上述控制方法中，采集石灰石的实时投料量和燃煤的实时投料量，然后通过实时积分运算的方法，得出当前的石灰石与燃煤的投料比K，对SO_2污染物排放控制及石灰石加入量在变负荷条件下提出了相对准确的参考值，保证SO_2污染物排放合格的优化控制措施，对现场实际工况有较强的适应性。上述控制方法在多个单位的实际应用中，取得了较好的效果，有效地减少了循环流化床电厂中SO_2浓度控制困难，石灰石加入系统调节滞后、过调等问题，降低的运行钙硫比，减少了脱硫石灰石的消耗，提高了电厂运行经济性。

附图说明

[0015] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：

[0016] 图1示出了根据本发明实施例中提供的循环流化床锅炉中石灰石投料量的控制方法运行过程中各项参数的变化曲线；以及

[0017] 图2示出了对比例1中现有的石灰石投料控制方式运行过程中各项参数的变化曲线。

具体实施方式

[0018] 需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将结合实施例来详细说明本发明。

[0019] 正如背景技术所描述的，现有的石灰石加入系统中的自动控制功能不能很好满足SO_2波动较大的情况的问题。为了解决上述技术问题，本申请提供了一种循环流化床锅炉中石灰石投料量的控制方法，该控制方法包括：S1，采集石灰石的实时投料量和燃煤的实时投料量；S2，根据石灰石的实时投料量和燃煤的实时投料量，采用积分法计算石灰石与燃煤的投料比，记为K；S3，根据K和燃煤的当前投料量，计算石灰石的最优投料量。

[0020] 上述控制方法中，采集石灰石的实时投料量和燃煤的实时投料量，然后通过实时积分运算的方法，得出当前的石灰石与燃煤的投料比K，对SO_2污染物排放控制及石灰石加入量在变负荷条件下提出了相对准确的参考值，保证SO_2污染物排放合格的优化控制措施，对现场实际工况有较强的适应性。上述控制方法在多个单位的实际应用中，取得了较好的

效果，有效地减少了循环流化床电厂中SO_2浓度控制困难，石灰石加入系统调节滞后、过调等问题，降低的运行钙硫比，减少了脱硫石灰石的消耗，提高了电厂运行经济性。

[0021] 优选地，采用积分法计算石灰石与所述燃煤的投料比K的步骤包括：将周期t内的石灰石的投料累计总量与燃煤的投料累计总量之比进行实时积分运算，得出石灰石与燃煤的投料比$K=\int_0^t (dL/dt)\Big/\int_0^t (dC/dt)$，其中，L代表石灰石的实时投料量，C代表燃煤的实时投料量。

[0022] 在一种优选的实施例中，周期t为2～4h。将计算周期限定在上述范围内，一般认为入炉煤质基本不变。此时间范围内的石灰石加入量与给煤量之比L/C为一个相对稳定的固定值。其内在含义是：在脱硫效率稳定时，在一定的时间周期内锅炉脱硫钙硫比Ca/S基本不变。这有利于提高计算结果的精准性，从而提高石灰石投料量的精准性。

[0023] 当进入循环流化床的燃煤的煤质保持不变的情况下，单位时间内燃煤产生的二氧化硫的含量保持不变。在上述情况下，步骤S3中计算石灰石的最优投料量的步骤包括：计算K与燃煤的当前投料量的乘积G，得到石灰石的最优投料量。

[0024] 变化率是表征SO_2排放浓度曲线上升快慢的参数，SO_2排放浓度变化受氧量、煤质等因素影响，变化率有时较大。在变化率逐渐变小的过程中应逐渐减少石灰石的增加量，尽量避免石灰石过调现象发生。另一方面，由于各个CFB电厂石灰石管线长短不一，石灰石加入炉内发生反应需要一定时长，石灰石量的变化总是落后于SO_2浓度的变化。

[0025] 为了使石灰石控制系统中抑制SO_2作用的变化超前，抑制SO_2浓度波动，需要对石灰石的投料量进行优化。优选地，在计算K与燃煤的当前投料量的乘积G的步骤之后，步骤S3中计算石灰石的最优投料量的步骤还包括对石灰石的投料量进行第一次修正的步骤，且第一次修正的步骤包括：监测SO_2的实时排放浓度，并计算SO_2的实时排放浓度的变化率u＝d(SO_2)/dt；将K_1作为第一修正系数，计算石灰石的第一次修正值K_1×(d(SO_2)/dt)，K_1为0.04～0.06，然后将G和第一修正值之和作为石灰石的最优投料量。

[0026] 为避免过调，更优选地，石灰石的投料量调整值K_1×(d(SO_2)/dt)的取值范围为1.5～5t/h。

[0027] 通常相对于给煤时间，石灰石的加入存在一定的延时差，而延时差的控制对二氧化硫的浓度具有非常大的影响。在一种优选的实施例中，上述控制方法还包括：当燃煤投料量增加后，在时间T_0后将石灰石的投料量调节至燃煤的投料量对应的值，T_0为3～6min。在T_0时将石灰石量调节至燃煤的投料量对应的值有利于抑制出现SO_2已经上涨后再增加石灰石量，导致排放超标的风险。

[0028] 当通过上述优化措施后SO_2的实时排放浓度超过设定值时，在一种优选的实施例中，在进行第一次修正的步骤之后，步骤S3中计算石灰石的最优投料量的步骤包括：对石灰石的投料量进行第二次修正的步骤，第二次修正步骤包括：将SO_2的实时排放浓度与设定值偏差值记为δ(SO_2)，第二修正系数记为K_2，计算第二修正值K_2×δ(SO_2)，其中所述K_2为0.05～0.07，然后将上述乘积G、第一修正值及第二修正值之和作为石灰石的最优投料量。通过对石灰石投料量进行上述优化过程，有利于进一步提高石灰石投料的精准性。

[0029] 本申请中“SO_2的实时排放浓度的设定值”可以根据国家环保标准或企业环保标准等规定中的相关参数进行设定。

[0030] 以下结合具体实施例对本申请作进一步详细描述，这些实施例不能理解为限制本申请所要求保护的范围。

[0031] 实施例1

[0032] 在300MW亚临界CFB机组上应用本发明提供的石灰石投料量控制方法的实施过程中。

[0033] 通过在负荷相对稳定的4h之内，该周期内机组负荷在193～203MW之间，该周期内SO_2排放浓度相对稳定。对该周期内的石灰石实时流量L(实际变化范围为7.58～8.72t/h)，燃煤实时流量C(变化范围为177.5～186.5t/h)，进行采集(步骤S1)。在电厂分散控制系统(DCS)内部，将4h周期内的石灰石的投料累计总量与燃煤的投料累计总量之比进行实时积分运算，得出石灰石与燃煤的投料比$K=\int_0^t (dL/dt)\Big/\int_0^t (dC/dt)$，得出燃用该煤种工况下的K＝4.41％(步骤S2)。

[0034] 在后续的机组负荷增加过程中，负荷由于电网调度指令由200MW增加至222MW，实际机组的燃煤的投料量相应的增加到了205.9t/h，则利用当前燃煤的投料量与K相乘，得出当前条件下的石灰石加入基准值G＝205.9×4.41％＝9.08t/h(步骤S3)。

[0035] 再此基础上，再进行石灰石加入量的优化修正。

[0036] 第一次修正：监测SO_2的实时排放浓度为136mg/Nm^3，并在DCS内部计算SO_2的实时排放浓度的变化率u＝d(SO_2)/dt，得出u＝18/min；将K_1(取值5％，现场试验确定)作为第一修正系数，计算石灰石的第一次修正值K_1×(d(SO_2)/dt)＝0.9t/h，然后将G和第一修正值之和作为石灰石的最优投料量。但为避免过调，更优选地，石灰石的投料量调整值K_1×(d(SO_2)/dt)的取值范围为1.5～5t/h。因此，该时间内第一次修正值为0.9t/h，则该数值不会输出叠加到石灰石投料量的指令中。

[0037] 第二次修正：将SO_2的实时排放浓度136mg/Nm^3与设定值120mg/Nm^3(电厂按照环保要求确定)，偏差值记为δ(SO_2)＝16mg/Nm^3，第二次修正系数记为K_2(取值6％，现场试验确定)，计算第二次修正值K_2×δ(SO_2)＝0.96t/h。

[0038] 通过积分比例运算得出G，与第一次、第二次修正值相加和得出在机组加负荷到222MW的工况下最终石灰石加入指令为9.08+0.96＝10.04t/h。当燃煤的投料量增加后，在时间T_0＝3min时将石灰石的投料量逐步调节至燃煤的投料量对应的值10.04t/h，即可实现该过程的SO_2的有效控制。

[0039] 如图1所示，利用本发明的控制方法控制石灰石加入量，实现了石灰石加入量与发电功率、SO_2的排放浓度之间的有效联动，SO_2的排放瞬时排放浓度范围减少，SO_2的排放小时均值时高较为稳定，石灰石加入量明显减少，脱硫钙硫比得到降低，机组运行的环保稳定性和经济性得到提升，取得了较好的应用效果。

[0040] 对比例1

[0041] 通过自动控制石灰石的给料机频率调整石灰石加入量，石灰石加入量控制与发电功率、SO_2的排放浓度之间缺乏定量的数值关系，如图2所示。由图2可以看出，采用现有的控制方法会导致SO_2的排放瞬时排放浓度波动较大，SO_2的排放小时均值时高时低，石灰石加入量过调，炉内脱硫钙硫比偏大，机组运行的环保稳定性和经济性较差。

[0042] 从以上的描述中，可以看出，本发明上述的实施例实现了如下技术效果：采用本申

请提供的控制方法能够有效地减少了循环流化床电厂中SO_2浓度控制困难，石灰石加入系统调节滞后、过调等问题，降低的运行钙硫比，减少了脱硫石灰石的消耗，提高了电厂运行经济性。

[0043] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

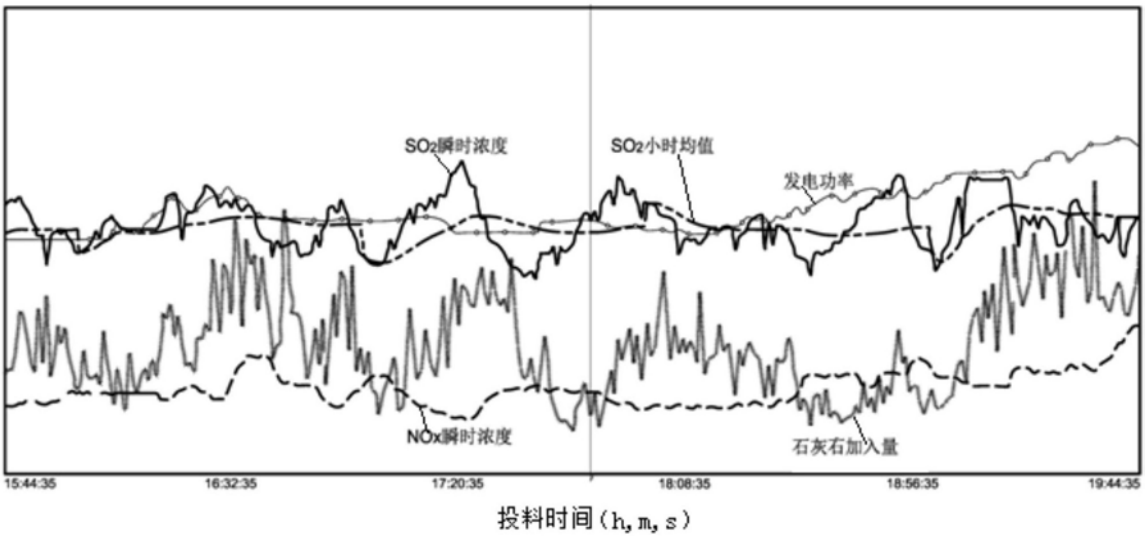

SO2瞬时浓度
SO2小时均值
发电功率
NOx瞬时浓度
石灰石加入量
15:44:35
16:32:35
17:20:35
18:08:35
18:56:35
19:44:35
投料时间(h,m,s)

图1

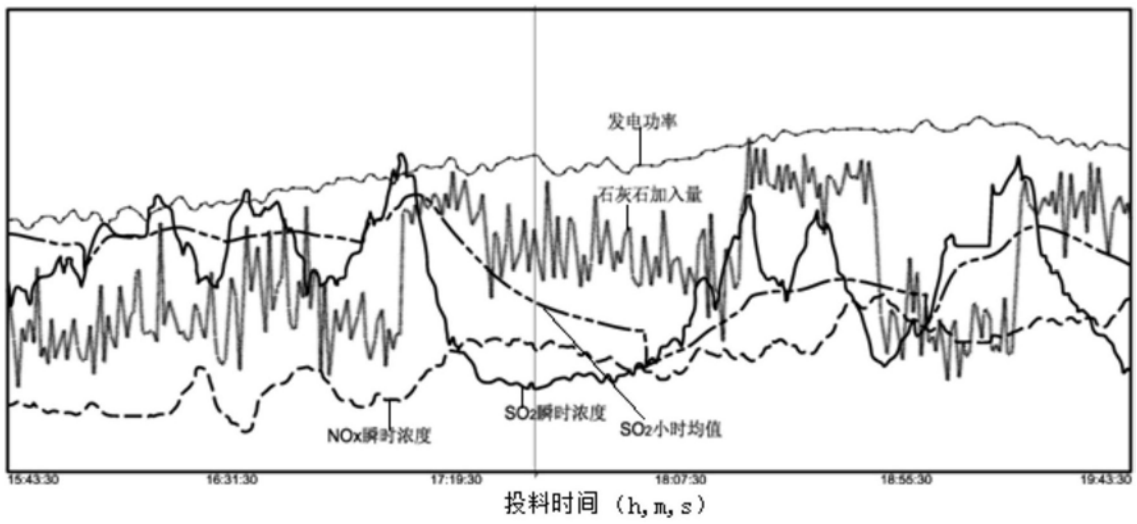

发电功率
石灰石加入量
SO2瞬时浓度
SO2小时均值
NOx瞬时浓度
15:43:30
16:31:30
17:19:30
18:07:30
18:55:30
19:43:30
投料时间（h,m,s）

图2