



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105180205 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201510501046. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2015. 08. 14

F23N 5/00(2006. 01)

F23C 9/00(2006. 01)

(71) 申请人 中国神华能源股份有限公司

地址 100011 北京市东城区安外西滨河路
22 号神华大厦

申请人 北京国华电力有限责任公司
神华国华(北京)电力研究院有限公
司
华中科技大学

(72) 发明人 柳朝晖 余学海 罗威 张金生
王巧 陈寅彪 郑楚光 万太浩

(74) 专利代理机构 北京润平知识产权代理有限
公司 11283

代理人 顾问 肖冰滨

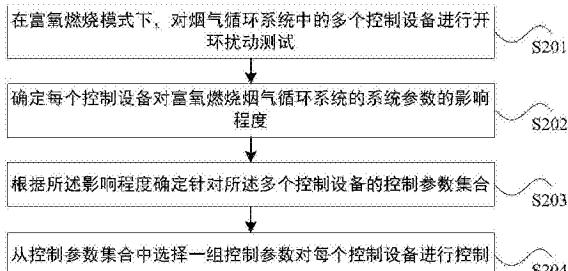
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

富氧燃烧烟气循环系统控制方法

(57) 摘要

本发明涉及能源系统控制领域，公开了一种富氧燃烧烟气循环系统控制方法，该方法包括：在富氧燃烧模式下，对烟气循环系统中的多个控制设备进行开环扰动测试；确定每个所述控制设备对所述富氧燃烧烟气循环系统的系统参数的影响程度；根据所述影响程度确定针对所述多个控制设备的控制参数集合，该控制参数集合包括多组控制参数；以及从所述控制参数集合中选择一组控制参数对每个所述控制设备进行控制。通过上述技术方案，通过对多个控制设备进行开环扰动测试，能够确定控制设备对烟气循环系统的影响，从而能够对富氧燃烧烟气循环系统进行精确控制。



1. 一种富氧燃烧烟气循环系统控制方法,其特征在于,该方法包括:
在富氧燃烧模式下,对烟气循环系统中的多个控制设备进行开环扰动测试;
确定每个所述控制设备对所述富氧燃烧烟气循环系统的系统参数的影响程度;
根据所述影响程度确定针对所述多个控制设备的控制参数集合,该控制参数集合包括多组控制参数;以及
从所述控制参数集合中选择一组控制参数对每个所述控制设备进行控制。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,该方法包括按照以下步骤将所述富氧燃烧烟气循环系统从空气燃烧模式切换至所述富氧燃烧模式:
当所述富氧燃烧烟气循环系统在空气燃烧条件下运行稳定后,逐步关闭空气输入并输入富氧,以及将一部分烟气进行循环。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述系统参数包括以下至少之一者:
烟气流量、烟气循环倍率以及压力。
4. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,该方法包括:
根据所述影响程度确定每个所述控制设备的开环稳态增益常数;
将所述开环稳态增益常数组成相对增益矩阵;以及
根据所述相对增益矩阵计算所述针对所述多个控制设备的控制参数集合。
5. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,该方法包括:通过工况扰动对采用所述控制参数集合中每组控制参数的所述富氧燃烧烟气循环系统进行测试。
6. 根据权利要求 5 所述的方法,其特征在于,所述工况扰动包括以下至少之一者:阶跃扰动、类正弦波动以及振荡波动。
7. 根据权利要求 6 所述的方法,其特征在于,该方法包括:对不同的工况扰动进行火用效率比较;以及
根据比较结果确定所选择的一组控制参数。
8. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,该方法还包括:根据所述控制参数设置比例积分微分 PID 控制器;
对该 PID 控制器进行整定;以及
利用整定后的 PID 控制器控制所述多个控制设备。
9. 根据权利要求 8 所述的方法,其特征在于,该方法还包括:使用 Ziegler-Nichols 准则对该 PID 控制器进行整定。
10. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述多个控制设备包括:循环烟气阀门、排烟阀门以及循环风机。

富氧燃烧烟气循环系统控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及能源系统控制领域,具体地,涉及一种富氧燃烧烟气循环系统控制方法。

背景技术

[0002] 温室气体的排放问题越来越严峻,燃煤发电排放的二氧化碳是温室气体的主要来源。富氧燃烧技术采用烟气再循环的方式,用空气分离获得的纯氧和一部分锅炉排烟构成混合气代替空气作为燃烧时的氧化剂,使燃烧排烟中富集高浓度的二氧化碳,以实现低成本地收集二氧化碳。凭借着它近零排放以及和传统空气燃烧技术具有良好承接性的优点,已经成为了当今碳捕捉技术中一个最具竞争力的发展方向。

[0003] 富氧燃烧电厂较空气燃烧电厂最大的差异是新增了烟气循环系统,因为富氧燃烧电厂用高浓度的氧气代替空气,炉内烟气的组分会发生变化,流量也大幅减少;为了获得相似的炉内传热条件,富氧燃烧电厂会将一部分烟气循环进入到炉内。循环烟气比例(循环倍率)与炉内的传热条件直接相关,因此需要进行严格的控制。此外,循环烟气还会使炉膛进气条件发生变化,尤其是循环烟气压力的变化。富氧燃烧电厂的一次风由循环烟气和预混的高浓度氧气组成,循环烟气压力的波动会影响到煤粉输送的安全。因此,在富氧燃烧电厂中,对于循环烟气的压力也需要进行精细的调控从而保证煤粉输送安全。因此,对于富氧燃烧新增的烟气循环系统来说,循环烟气比例及压力这两个参数的控制对于整个富氧电厂的运行来说至关重要。

[0004] 针对上述问题,现有技术中尚无良好解决方案。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种方法,该能够实现对富氧燃烧烟气循环系统的烟气循环倍率和压力进行有效控制。

[0006] 为了实现上述目的,本发明提供一种富氧燃烧烟气循环系统控制方法,该方法包括:在富氧燃烧模式下,对烟气循环系统中的多个控制设备进行开环扰动测试;确定每个所述控制设备对所述富氧燃烧烟气循环系统的系统参数的影响程度;根据所述影响程度确定针对所述多个控制设备的控制参数集合,该控制参数集合包括多组控制参数;以及从所述控制参数集合中选择一组控制参数对每个所述控制设备进行控制。

[0007] 进一步地,该方法包括按照以下步骤将所述富氧燃烧烟气循环系统从空气燃烧模式切换至所述富氧燃烧模式:当所述富氧燃烧烟气循环系统在空气燃烧条件下运行稳定后,逐步关闭空气输入并输入富氧,以及将一部分烟气进行循环。

[0008] 进一步地,所述系统参数包括以下至少之一者:烟气流量、烟气循环倍率以及压力。

[0009] 进一步地,该方法包括:根据所述影响程度确定每个所述控制设备的开环稳态增益常数;将所述开环稳态增益常数组成相对增益矩阵;以及根据所述相对增益矩阵计算所

述针对所述多个控制设备的控制参数集合。

[0010] 进一步地,该方法包括:通过工况扰动对采用所述控制参数集合中每组控制参数的所述富氧燃烧烟气循环系统进行测试。

[0011] 进一步地,所述工况扰动包括以下至少之一者:阶跃扰动、类正弦波动以及振荡波动。

[0012] 进一步地,该方法包括:对不同的工况扰动进行火用效率比较;以及根据比较结果确定所选择的一组控制参数。

[0013] 进一步地,该方法包括:根据所述控制参数设置比例积分微分(PID)控制器;对该PID控制器进行整定;以及利用整定后的PID控制器控制所述多个控制设备。

[0014] 进一步地,该方法包括:使用Zielger-Nichols准则对该PID控制器进行整定。

[0015] 进一步地,所述多个控制设备包括:循环烟气阀门、排烟阀门以及循环风机。

[0016] 通过上述技术方案,通过对多个控制设备进行开环扰动测试,能够确定控制设备对烟气循环系统的影响,从而能够对富氧燃烧烟气循环系统进行精确控制。

[0017] 本发明的其它特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

附图说明

[0018] 附图是用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施方式一起用于解释本发明,但并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0019] 图1是举例的富氧燃烧电厂设备示意图;

[0020] 图2是本发明实施方式提供的富氧燃烧烟气循环系统控制方法流程图。

[0021] 附图标记说明

- | | |
|-------------------|-------------|
| [0022] 1、锅炉 | 2、烟气预热器 |
| [0023] 3、除尘器 | 4、脱硫塔 |
| [0024] 5、冷凝器 | 6、引风机 |
| [0025] 7、排烟阀门 | 8、循环烟气阀门 |
| [0026] 9、烟气压缩系统 | 10、空气入口阀门 |
| [0027] 11、循环风机 | 12、空气分离系统 |
| [0028] 13、一次风机 | 14、煤粉输入装置 |
| [0029] 15、循环水泵 | 16、冷却塔 |
| [0030] 17、烟囱 | 18、一次风 |
| [0031] 19、二次风 | 20、三次风(燃尽风) |
| [0032] A、烟气循环系统入口 | B、烟气循环系统出口。 |

具体实施方式

[0033] 以下结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是,此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明,并不用于限制本发明。

[0034] 首先对本发明中所采用的术语解释如下:

[0035] 氧气(或富氧),是指纯度在95%(体积份额)及以上的较高纯度氧气。

[0036] 再循环烟气,是指从除尘器或者烟气冷凝器循环回来的烟气。

[0037] 烟气循环系统包括循环烟气阀门、排烟阀门和循环风机以及连接这些设备之间的管道。

[0038] 烟气循环倍率,是指循环烟气总体积流量与炉膛出口湿烟气总体积流量之比。

[0039] 所述烟气压力,是指循环风机出口的烟气压力。

[0040] 富氧燃烧入炉气体(循环烟气和氧气)的体积以及组分都与常规空气燃烧有较大的不同,相比空气燃烧,富氧燃烧的入炉气体体积下降10~30%,入炉气体中CO₂的浓度在60%以上。炉内气氛和流量的变化会严重影响炉内换热情况,使得出口的蒸汽参数变化,最终影响全场的正常运行。此外,输送煤粉气流的压力波动会影响输送煤粉的安全,容易发生事故。

[0041] 本发明的实施方式提供一种富氧燃烧烟气循环系统优化控制方案,意图设计最优的烟气循环系统控制方案,使循环烟气的比例和压力保持在目标范围,从而保证传热性能的稳定和煤粉输送的安全。

[0042] 图1是举例的富氧燃烧电厂设备示意图。如图1所示,在本发明的实施方式提供的方法可以应用的设备环境可以具有以下设备:锅炉1、烟气预热器2、除尘器3、脱硫塔4、冷凝器5、引风机6、排烟阀门7、循环烟气阀门8、烟气压缩系统9、空气入口阀门10、循环风机11、空气分离系统12、一次风机13、煤粉输入装置14、循环水泵15、冷却塔16、烟囱17、一次风18、二次风19、三次风(燃尽风)20、烟气循环系统入口A、烟气循环系统出口B。

[0043] 在上述设备中对烟气循环系统具有调节作用的控制设备可以是例如,排烟阀门7、循环烟气阀门8以及循环风机11。本发明的原理在于确定上述控制设备对烟气循环系统的影响,从而能够对富氧燃烧烟气循环系统进行精确控制。

[0044] 图2是本发明实施方式提供的富氧燃烧烟气循环系统控制方法流程图;如图2所示本发明实施方式提供的富氧燃烧烟气循环系统控制方法可以包括:S201,在富氧燃烧模式下,对烟气循环系统中的多个控制设备进行开环扰动测试;S202,确定每个所述控制设备对所述富氧燃烧烟气循环系统的系统参数的影响程度;S203,根据所述影响程度确定针对所述多个控制设备的控制参数集合,该控制参数集合包括多组控制参数;以及S204,从所述控制参数集合中选择一组控制参数对每个所述控制设备进行控制。

[0045] 通过上述技术方案,通过对多个控制设备进行开环扰动测试,能够确定控制设备对烟气循环系统的影响,从而能够对富氧燃烧烟气循环系统进行精确控制。

[0046] 在实施方式中,可以先使电厂在空气燃烧模式运行,然后切换至富氧燃烧模式后执行上述方法。因此,在实施方式中,可以当电厂在空气燃烧条件下运行至稳定后,逐步关断空气入口阀门10,注入从空气分离系统12得到的高浓度的氧气(即富氧,纯度在95%(体积份额)及以上的氧气),并将一部分烟气进行循环,将电厂由空气燃烧模式切换至富氧燃烧模式。待电厂在富氧燃烧模式下稳定运行之后,可以开始对烟气循环系统中的不同调节设备,包括排烟阀门7、循环烟气阀门8以及循环风机11做小幅度的开环扰动测试,例如排烟阀门7和循环烟气阀门8开度变化量为5%,设置循环风机11的频率变化量为5赫兹,观察这些控制设备对烟气流量变化的影响,以及烟气循环倍率和压力的变化,以确定这些控制设备对烟气循环倍率和压力的控制性能。上述系统参数是烟气循环系统的主要参数,通过上述系统参数的全部或部分可以确定烟气循环系统的性能。在实施方式中,每个控制设备对系统的影响程度可以按照以下方法确定:例如,如果要确定排烟阀门7对系统的

影响程度,首先将循环烟气阀门 8 和循环风机 11 调节到中间位置,例如使烟气阀门 8 开度在 50% 位置,以及设置循环风机 11 的频率为 50 赫兹,然后单独调节排烟阀门 7 开度并在调节同时记录烟气循环系统中的烟气流量变化、烟气循环倍率变化以及压力变化,从而获得烟气阀门 7 开度对系统的影响。上述方法对于循环烟气阀门 8 和循环风机 11 同样适用。

[0047] 在实施方式中,该方法还可以包括:根据所述影响程度确定每个所述控制设备的开环稳态增益常数;将所述开环稳态增益常数组成相对增益矩阵;以及根据所述相对增益矩阵计算所述针对所述多个控制设备的控制参数集合。其中,相对增益矩阵是由开环稳态增益常数组成的矩阵,由该矩阵可以计算得到评价控制器性能的参数,如稳定性和敏感性。通过上述开环扰动测试,可以根据如下公式计算控制设备的开环稳态增益常数:

[0048] $\text{开环稳态增益常数} = \text{控制参数的变化值} / \text{控制设备的变化值}$

[0049] 通过计算可以得到烟气循环系统中排烟阀门 7、循环烟气阀门 8 以及循环风机 11 的开环稳态增益常数,其中控制参数是指烟气循环倍率和压力,控制设备的变化值是指循环烟气阀门和排烟阀门的开度变化量以及循环风机的频率变化量。通过稳态增益常数组成相对增益矩阵,可以计算得到不同控制方案的控制性能参数。通过分析不同控制设备的配对组合方案,如循环烟气阀 8 与循环风机 11 或排烟阀 7 与循环风机 11,来控制烟气循环倍率与压力,作为烟气循环系统的控制方案。具体的分析过程可以通过工况扰动来进行。

[0050] 在实施方式中,可以通过工况扰动对采用所述控制参数集合中每组控制参数的所述富氧燃烧烟气循环系统进行测试,以实现对不同控制设备者的控制性能的测试。在实施方式中,工况扰动可以包括以下至少之一者:阶跃扰动、类正弦波动以及振荡波动。具体地,在一个电厂正常工作的时间内,常见的波动主要分为三大类:第一类是阶跃扰动,如外部需求突然变化导致的热负荷变化,此类波动幅度较大,速度较快;第二类波动为类正弦波动,这类波动呈现周期性变化,幅度比阶跃扰动小一些;第三类波动为小幅度的振荡波动,如外部环境发生小的变化,这类波动幅度最小且没有规律,具有随机特性。在这三类波动条件下能够较为全面的测试控制组合的控制性能。

[0051] 在优选的实施方式中,除了比较控制设备组合的控制性能,还可以对不同控制设备组合的不同工况扰动条件下的火用效率进行比较,从而在保证控制性能的前提下,选出火用效率更佳的控制组合。其中,火用效率是指,从热力学第二定律角度出发,定义的物流的做功能力,火用效率越高代表能量利用效率越高,损失越小。在实施方式中可以对不同的工况扰动进行火用效率比较;以及根据比较结果确定所选择的一组控制参数。例如,选择对应于最大火用效率的一组控制参数。

[0052] 在实施方式中,可以根据采用控制参数的控制设备组合设置比例积分微分(PID)控制器,然后对该 PID 控制器进行整定,进而利用整定后的 PID 控制器控制所述多个控制设备。可以使用 Ziegler-Nichols 准则对该 PID 控制器进行整定。上述步骤可以为的闭环测试做准备。其中, Ziegler-Nichols 准则是比例积分微分控制器参数整定方法中常用的一种控制准则。

[0053] 本发明实施方式提供的方法具有以下优点:

[0054] 通过确定烟气循环倍率和循环烟气压力作为控制目标,能够同时保证炉内传热性能的稳定以及煤粉输送的安全。

[0055] 通过开环扰动测试,获得循环烟气阀门、排烟阀门和循环风机对上述控制指标的

控制性能,提出循环烟气阀门 / 循环风机和排烟阀门 / 循环风机两种组合来控制烟气循环倍率和循环烟气压力。

[0056] 进行三种不同时间长度和变化幅度的扰动测试,能够全面地检验不同控制组合的控制性能,从而得出更为可靠的结论。

[0057] 使用火用效率对不同控制组合进行进一步评价,从能量效率的角度优化了控制组合方案。不仅满足了控制要求,还提高了能量效率。

[0058] 以上结合附图详细描述了本发明的优选实施方式,但是,本发明并不限于上述实施方式中的具体细节,在本发明的技术构思范围内,可以对本发明的技术方案进行多种简单变型,这些简单变型均属于本发明的保护范围。

[0059] 另外需要说明的是,在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征,在不矛盾的情况下,可以通过任何合适的方式进行组合。为了避免不必要的重复,本发明对各种可能的组合方式不再另行说明。

[0060] 此外,本发明的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合,只要其不违背本发明的思想,其同样应当视为本发明所公开的内容。

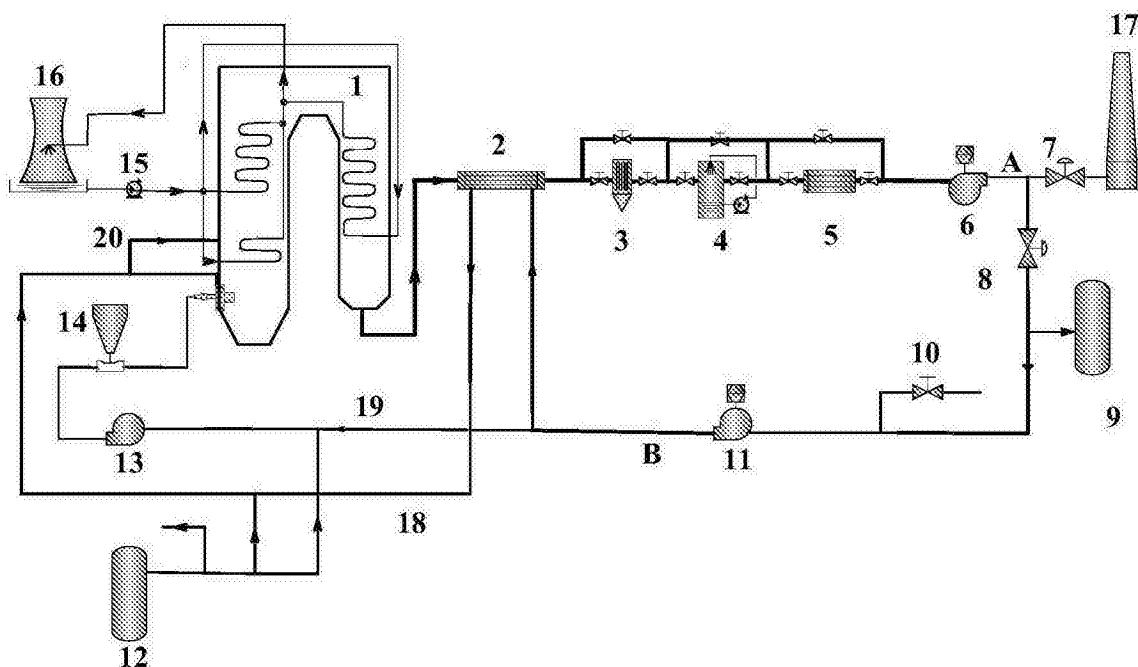


图 1

在富氧燃烧模式下，对烟气循环系统中的多个控制设备进行开环扰动测试

S201

确定每个控制设备对富氧燃烧烟气循环系统的系统参数的影响程度

S202

根据所述影响程度确定针对所述多个控制设备的控制参数集合

S203

从控制参数集合中选择一组控制参数对每个控制设备进行控制

S204

图 2