

循环流化床锅炉燃烧控制与调整

高 晶 刘振军

陕煤集团神木电化发展有限公司 陕西 榆林 719300

摘 要：本文探讨了循环流化床锅炉的燃烧控制与调整方法。先分析了循环流化床锅炉的优缺点，接着深入讨论了流化床燃烧及传热特性。然后再详细阐述了运行中锅炉主要参数的控制与调整方法，包括床温、风量、料层差压和返料量的调整。最后，探讨了循环流化床锅炉燃烧系统的控制策略，并提出了燃烧控制系统的优化建议，特别关注给煤量控制系统和锅炉一、二次风控制。通过优化控制策略，旨在提高循环流化床锅炉的运行效率和稳定性。

关键词：循环流化床；锅炉燃烧；控制；调整

引言

循环流化床锅炉作为一种高效、清洁的燃烧技术，在能源领域得到了广泛应用。然而，由于其复杂的燃烧过程和众多的影响因素，如何有效控制和调整锅炉运行参数，以保证其高效、稳定运行，成为了一个亟待解决的问题。本文旨在深入分析循环流化床锅炉的燃烧控制与调整方法，为锅炉的优化运行提供理论支持和实践指导。

1 循环流化床锅炉的优缺点

1.1 循环流化床锅炉的缺点

(1) 循环流化床锅炉的烟-风系统阻力较高，这导致了风机用电量的增加。这种高阻力的原因在于送风系统的布风板及床层设计，其阻力远大于传统的煤粉炉和链条炉。此外，烟气系统中增加的气固分离器也进一步增大了阻力，使得整个系统的能耗相对较高。(2) 循环流化床锅炉的受热面磨损问题较为严重。由于烟气流中含有大量的固体颗粒，这些颗粒在高速流动过程中会对炉膛水冷壁和气固分离器造成严重的冲刷磨损。若分离器的效率不高或运行不正常，这种磨损问题将更为突出，甚至可能引发对流受热面的严重磨损，进而影响锅炉的长期连续运行。(3) 循环流化床锅炉对辅助设备的要求也较高。一些关键的辅助设备，如冷渣器和高压风机，其性能和运行状态对整个锅炉系统的安全运行至关重要。这些设备一旦出现性能下降或故障，将可能对锅炉的正常运行产生严重影响。

1.2 循环流化床锅炉的优点

第一，循环流化床锅炉具有燃料适应性广的特点。这种锅炉能够燃烧多种燃料，包括劣质煤、煤矸石、油页岩、生物质等，甚至能燃用高硫煤、高灰煤等难以处理的燃料。这种广泛的燃料适应性使得循环流化床锅炉在燃料供应紧张或燃料品质不稳定的情况下，依然能够稳定运行，保证能源供应的连续性和可靠性。第二，

循环流化床锅炉的燃烧效率高。由于流化床内的物料混合均匀，燃烧充分，因此其燃烧效率远高于传统的固定床和移动床锅炉。同时，循环流化床锅炉的燃烧温度相对较低，能够减少氮氧化物的生成，降低环境污染。第三，循环流化床锅炉的负荷调节能力强。由于床内物料量较大，蓄热能力强，因此锅炉能够在较宽的负荷范围内稳定运行，适应不同工况下的能源需求。同时，循环流化床锅炉的燃烧过程稳定，波动小，能够确保能源供应的稳定性和可靠性。第四，循环流化床锅炉还具有较好的环保性能。其低温燃烧过程能够减少氮氧化物的生成，同时可以通过添加脱硫剂等方式实现烟气中二氧化硫的脱除，降低大气污染。此外，循环流化床锅炉的灰渣含碳量低，便于综合利用，实现了资源的最大化利用^[1]。

2 运行中锅炉主要参数的控制与调整方法

2.1 床温调整

床温作为循环流化床锅炉运行中的一个核心参数，即锅炉密相区物料的整体温度，是反映锅炉燃烧状态的重要指标。首先，床温的调整需要基于锅炉的实际运行情况和设计要求。通常，床温应控制在一定的范围内，过高或过低都会对锅炉的运行产生不利影响。过高的床温可能导致床层结焦，影响燃烧效率，甚至损坏设备；而过低的床温则可能导致燃料燃烧不充分，影响锅炉的热效率。在实际操作中，床温的调整主要通过调整一次风量和二次风量来实现。一次风量的大小直接影响到床层的流化状态和床温的高低。当床温过高时，可以适当增加一次风量，以提高床层的流化效果，降低床温。反之，当床温过低时，应减少一次风量，同时适当增加二次风量，以促进燃料在稀相区的燃烧，提高床温。此外，床温的调整还需要考虑其他因素的影响，如燃料种类、粒度分布、给料速度等。不同的燃料和给料条件对床温的影响是不同的，因此需要根据实际情况进行灵活

调整。在调整床温的过程中, 还需要注意监测床温的变化趋势。如果床温持续升高或降低, 可能意味着锅炉存在某种故障或问题, 需要及时排查和处理。同时, 还需要定期对锅炉进行维护和检查, 确保各项设备和系统处于良好状态, 为床温的稳定控制提供有力保障。

2.2 风量调整

在循环流化床锅炉的操作中, 风量调整是确保稳定运行和优化燃烧效率的关键措施。在锅炉设计中, 一次风量和二次风量占据重要比重, 合计约50%, 它们对床温、场析量以及循环物料量具有显著影响。首先, 确保一次风量超过临界流化风量至关重要。这是为了避免因风量不足而导致的床层物料流化不良, 进而可能引发的结焦现象。一旦料层温度过高, 需根据实时情况适当增加一次风量, 以维持床温在适宜范围内。二次风的引入策略则是通过密相过渡段和稀相过渡段进行。在密相区域, 颗粒在少量气体的作用下进入流化状态, 通过静压差推动实现集体运动。而在稀相区域, 随着风速的增大, 物料被持续加速, 增加该区域的物料密度, 从而改变锅炉的燃烧状态。根据炉膛内的燃烧状况及烟气中的含氧量, 可以适时调整二次风量, 以优化燃烧效率和减少排放。同时, 还需注意流化介质速度增加时可能带来的固体颗粒夹带问题。随着介质速度的提高, 夹带出的固体颗粒量也会相应增加, 这会导致炉膛内物料密度的变化, 进而影响燃烧效率和循环物料量。因此, 在风量调整过程中, 应综合考虑这些因素, 确保锅炉的稳定运行^[2]。

2.3 料层差压调整

料层差压, 即风室压力与布风板阻力之差, 通过测量这一参数, 我们可以准确地判断料层厚度的大小。料层厚度的合适与否, 直接关系到锅炉内物料的流化状态和传热效果。料层过厚时, 会导致流化不良, 增加炉膛结焦的风险, 同时也会影响燃料的燃烧效率。相反, 料层过薄则可能导致蓄热量不足, 使锅炉难以维持稳定的燃烧状态。通过调整料层差压, 我们可以有效地控制料层厚度, 确保其在合适的范围内波动。在调整料层差压时, 我们需要综合考虑多种因素。首先, 要根据锅炉的设计参数和运行工况, 确定合理的料层差压范围。其次, 要密切关注锅炉的实时运行状态, 通过监测料层差压的变化趋势, 及时调整冷渣器排渣量或事故放渣量, 以维持料层厚度的稳定。最后, 还需要注意锅炉的负荷变化和燃料品质的变化对料层差压的影响。在负荷变化时, 要及时调整送风量和燃料量, 以保持炉膛温度的稳定。在燃料品质变化时, 要根据燃料的热值和灰分含量等因素, 适当调整料层厚度和送风量, 以确保锅炉的稳

定运行。

2.4 返料量调整

循环灰也是传热介质, 因为它所带来的热能可以在炉膛和返料器中以热辐射和对流传热量的形式被有效传导。循环灰量的增大意味着更多的能量被引入循环, 这可以实现更为平稳的能量传输以及更大的传热系数。所以, 保证合理的返料率对保证锅炉的高效工作必不可少。一旦返料控制系统发生了故障, 亦即返料失控时, 参与循环系统的物料量将急剧下降, 这不但影响床温的正常调节, 而且还会给锅炉温度的正常工作造成严重威胁。为防止此类现象的出现, 必须严密监视返料控制系统的工作状况, 并适时进行调整对策。返料量的调整一般采用几种方法进行。首先, 增加分离器的分离效果可以增加返料率, 从而有效地控制锅炉压力。其次, 通过调节回料功率、一次气量和入炉燃气的颗粒特征, 还能够达到对回料量的合理调节。上述调节方法能够保证高压锅炉在各种情况下均能稳定的工作状态, 完成有效、可靠的燃烧流程^[3]。

3 循环流化床锅炉燃烧系统的控制

(1) 自动控制要符合负荷条件, 单循环流化床锅炉燃烧控制系统的首要目的就是保证锅炉的安全经济运行, 但因为运行的方法比较特殊, 因此控制系统过程中要充分考虑其对基质地层温度、床面气压以及回料量等的影响, 并必须确定蒸汽压力与被控变量之间的结合状态, 实现了自动优化的智能控制。主动优化智能控制系统, 主要是利用神经元来进行功能的自我调节和修改的, 可以在已确定的逻辑要求的基础上, 实现高准确度的修正调节, 该方式也可以实现在线调节, 同时由于对模型的要求较小, 因而也很适于以进行跟踪优化的方式进行工作。(2) 主动调整控制系统可以完成对锅炉工作状态智能的调节任务, 确保高压锅炉蒸汽能力在额定的温度范围内, 且符合机组负荷和正常的汽压、汽温、床温、床压、均匀给水以及温度条件。以良好的方式燃烧, 降低热能浪费, 并提高锅炉热效率。确保锅炉工作参数保持在良好情况下运转。(3) 采用了分层控制的方法, 实现了循环流化床锅炉工作流程的管多零点五控任务, 但主要是采用了传统控制的方法, 通过进行温度调节和燃烧控制等, 克服了床温控制和温度控制之间的问题。目前, 循环流化床锅炉及燃烧系统的控制器, 在投运后最大程度的保障了整个燃烧过程的稳定工作。良好的控制方式对锅炉“四管”水冷屏、过热器、再热器和省煤器还能够发挥保温功能, 并能够降低锅炉的热量散失和减少机组能耗, 提高发用电经济效益。

4 循环流化床锅炉燃烧控制系统优化

4.1 给煤量控制系统

确定最大给煤量的设定值并不是单个的选择,而是要考虑锅炉命令和当前的风力情况。具体来说,由锅炉命令或通过参数发生器即可得到燃料信息,而在当前风力下的最大给煤量则由氧量校正后的总风量信息,由参数发生器确定。上述二种数据经由小值选择器组合后,产生出对煤量的最后设定值。这样的设定旨在保证当负荷变化时,可以优先调节煤量及风速,以维持富氧的状况,从而提高燃烧效果。为了实现给煤量的精准控制,我们引入了PID调节器,它根据给煤量的实测值与设定值之间的偏差,输出相应的控制指令,调节给煤机的转速,从而实现给煤量的动态调整。然而,考虑到循环流化床锅炉燃烧的复杂性,常规的给煤量控制系统可能无法在各种情况下均获得理想的动态特性。对原来的控制系统方法进行了调整。为提高控制系统的反应速度,增加了一系列前馈信息。这些前馈信息都是煤质温度(热值)的校正信息,用以补偿各种煤质温度对燃烧效果的干扰,从而使得锅炉可以在不同煤质环境下有效地工作。而主汽压前馈信息的注入,则提高了对主汽压波动的跟踪功能,从而可以保证锅炉的平稳工作。另外,还针对发电机组的调峰特点,增加了负荷对应的基准煤量前馈信息,以保证在各种负载下均可做到给煤量的有效管理,提高发电机组的响应速度与工作质量^[4]。

4.2 锅炉一、二次风控制

在循环流化床锅炉的燃烧控制中,一、两次风机的调节都扮演着很关键的作用。一方面,每一次风机的主要任务都是保证炉内颗粒的充分流化,同时使燃烧器下部产生促进燃烧和减少NO_x释放的还原气氛。为了达到这一目标,人们必须按照燃油的质量来灵活调节一次风率。在采用劣质燃油后,要增加一次风率以保证流的效率;但在采用较高挥发分燃料时,则会相应减少一次风量。因为对流化风条件的影响,我们只需要选择与动态温度相对应的一次风量值,所以一次风量系统的PID调节比较简便直观。另外,二次风压系统的优化也同样

关键。二次平均风压的多少决定着二次风机的总出力,但同时也间接控制了整个锅炉燃烧过程中的重要参数,包括床温、床压和燃气用量等。因此为达到对二次平均风压的最精确控制,我们选择了单回路的控制策略,将风量测量值与设定值之间的差值信号作为PID控制器的输入。通过PID控制器的计算,输出相应的频率控制指令,从而实现二次风压的自动调节。该控制系统具备手动自动无扰切换功能,在自动模式下,手操器始终与自动控制器保持同步,以便在需要时快速切换至手动操作。同时,在自动模式下,操作人员也可根据实际需要手动调整二次风压的设定值,以满足不同工况下的燃烧需求^[5]。

结语

循环流化床锅炉的燃烧控制与调整是一个复杂而关键的过程,它直接关系到锅炉的运行效率和稳定性。通过深入分析循环流化床锅炉燃烧控制与调整,可以进一步提高锅炉的运行效率和稳定性,降低运行成本,为能源领域的可持续发展做出贡献。以后,随着技术的不断进步和研究的深入,循环流化床锅炉的燃烧控制与调整方法将不断完善和优化,为能源领域的发展提供更加坚实的支撑。

参考文献

- [1]陈德宝,张号官,丁淑英.高参数循环流化床锅炉全燃煤泥技术研究[J].现代工程科技,2022,1(3):1-4.
- [2]李丰泽,马素霞.基于动态论域的循环流化床锅炉燃烧系统的模糊自适应PID控制[J].动力工程学报,2021,41(3):195-200.
- [3]鄢晓忠,何旭,马琪顺,等.260t/h循环流化床锅炉燃烧优化调整试验研究[J].浙江工业大学学报,2022,50(5):553-558.
- [4]刘志丹.生物质循环流化床锅炉燃烧调整[J].化工管理,2020(19):176-177.
- [5]缪志伟.循环流化床锅炉节能改造方式探讨[J].模型世界,2020(14):16-18.