

循环流化床锅炉结焦原因分析及预防措施

刘彩军

国能亿利电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘要: 循环流化床锅炉作为高效、环保的燃烧设备,在运行过程中常面临结焦问题。文章深入分析了循环流化床锅炉结焦的主要原因,包括床料局部或整体温度过高、流化不良与床料堆积、点火与启动过程管理不当以及设备与操作因素等。针对这些原因,本文提出了相应的预防措施,如优化床料流化与燃烧控制、强化点火与启动过程管理、加强设备与操作管理以及改进旋风分离器与返料系统等。这些措施的实施将有助于降低锅炉结焦风险,提高其运行效率和安全性。

关键词: 循环流化床锅炉; 结焦原因; 预防措施; 锅炉运行

引言: 循环流化床锅炉以其独特的燃烧方式和高效的污染物脱除能力,在电力、化工等领域得到了广泛应用。结焦问题一直是困扰循环流化床锅炉运行稳定性和经济性的关键因素之一。结焦不仅会导致锅炉热效率下降,还可能引发设备故障和安全事故。因此深入研究循环流化床锅炉结焦的原因及预防措施,对于保障锅炉的安全稳定运行具有重要意义。

1 循环流化床锅炉的结构与工作原理

循环流化床锅炉是一种高效的热能转换设备,其结构和工作原理均设计得相当精妙。结构方面,循环流化床锅炉主要由锅炉本体和辅助设备两大部分组成。锅炉本体包括炉膛、燃烧器、布风装置、气固分离器、物料回送装置、受热面(如汽包、水冷壁、过热器、再热器、省煤器)等关键部件。其中,炉膛是燃烧室,用于燃料的燃烧;布风装置则负责均匀分布气体,确保流化床的均匀流化;气固分离器用于分离烟气中的固体颗粒,以便循环使用;物料回送装置则将这些颗粒送回炉膛继续燃烧。辅助设备则包括送风机、引风机、返料风机、冷渣器和烟囱等,它们共同支持锅炉的正常运行。工作原理上,循环流化床锅炉采用了独特的流态化燃烧方式。燃料经过破碎后,由给煤机送入炉膛,与炽热的沸腾物料混合并迅速加热着火燃烧。在较高气流速度的作用下,燃料颗粒充满炉膛,并有大量固体颗粒被携带出炉膛。这些颗粒经过气固分离器分离后,通过物料回送装置重新返回炉膛继续参与燃烧,形成了燃料的循环燃烧过程^[1]。锅炉给水经过预热、加热、蒸发和过热等步骤,最终转化为高温高压的蒸汽输出。循环流化床锅炉还具有良好的环保特性。通过向炉内喷入石灰石粉并结合高效的分离器,可以捕捉更细的颗粒,确保石灰石与烟气多次混合反应,从而达到高效的脱硫效果。采用低

床温、低氧量设计和分级供风等技术手段,也可以有效降低氮氧化物的排放。

2 循环流化床锅炉的运行特点

2.1 燃料适应性强

循环流化床锅炉在燃料适应性方面表现出色。它能够燃用包括煤矸石、煤泥、洗中煤、油页岩、炉渣、树皮、秸秆等多种劣质燃料和可再生能源,甚至可以将这些燃料进行混烧。这种广泛的燃料适应性使得循环流化床锅炉在燃料供应不稳定或多样化的情况下,仍能保持稳定的运行和高效的热能转换,降低了对高品质燃料的依赖,提高了资源利用率。

2.2 燃烧效率高

循环流化床锅炉的燃烧效率非常高。由于炉膛内燃料颗粒的强烈扰动和混合,以及高温循环物料的持续加入,使得燃烧过程更加充分和均匀。同时,循环流化床锅炉的燃烧温度相对较低,减少了燃烧过程中的热损失和氮氧化物的生成。通过精确控制给煤量和风量,以及优化炉膛结构和受热面布置,循环流化床锅炉能够进一步提高燃烧效率,实现更高的热能输出和更低的能耗。

2.3 环保性能优越

循环流化床锅炉在环保方面同样表现出色。由于采用了独特的流态化燃烧方式和高效的分离技术,循环流化床锅炉能够实现高效的脱硫和除尘效果。通过向炉内喷入石灰石粉等脱硫剂,并结合高效的分离器,可以捕捉烟气中的二氧化硫和固体颗粒,减少大气污染物的排放。循环流化床锅炉的低床温、低氧量设计和分级供风等技术手段,也能够有效降低氮氧化物的生成,实现更加清洁和环保的燃烧过程。

3 循环流化床锅炉结焦原因分析

3.1 床料局部或整体温度过高

循环流化床锅炉结焦的一个主要原因是床料局部或整体温度过高。当床料温度超过其灰熔点或烧结温度时,便会发生结焦现象。这通常发生在以下几种情况:首先,当锅炉整体床层温度过高,且流化状态正常时,容易形成高温结焦。高温结焦的特点是面积大,甚至可能波及整个炉床。这种结焦现象往往伴随着床料的熔融,冷却后形成质地坚硬的焦块。高温结焦的发生,可能是由于燃料热值过高、给煤量过大或风量不足,导致床料无法充分散热,温度持续升高直至超过灰熔点。其次,低温结焦也是一种常见的结焦类型,它通常发生在床层整体温度低于灰渣变形温度时,由于局部超温或低温烧结引起的^[2]。低温结焦常在启动和压火时的床层中发生,并可能发生在高温旋风分离器的灰斗内以及外置换热器和返料机构内。这种结焦现象可能是由于床料分布不均、局部热量积聚或风量分配不当导致的。另外,渐进性结焦是运行中较难察觉的一种结焦形式。它主要是由于布风系统设计和安装质量不好、给煤颗粒度超出设计值、运行参数控制不当、风帽错装或堵塞等原因引起的。渐进性结焦往往伴随着床料流化不良和局部温度持续升高,最终导致结焦的发生。

3.2 流化不良与床料堆积

流化不良是循环流化床锅炉结焦的另一个重要原因。流化不良通常是由于风量不足、风帽堵塞、床料过粗或床压过高等因素导致的。当流化不良发生时,床料无法形成理想的流化状态,局部床料沉积并与高温物料燃烧环境形成不良的热量交换,导致局部温度持续升高。床料堆积也是导致结焦的一个重要因素。床料堆积可能是由于给煤量过大、风量不足或返料不正常等原因引起的。当床料堆积发生时,堆积区域的床料无法充分流化,热量无法及时散发,导致局部温度持续升高直至超过灰熔点,床料堆积还可能引发沟流和分层等不良流化现象,进一步加剧结焦的发生。

3.3 点火与启动过程中的结焦

在循环流化床锅炉的点火与启动过程中,由于床料温度逐渐升高且流化状态尚未稳定,因此容易发生结焦现象。点火初期,当床温达到投煤温度时,应立即投煤并稳定燃烧后果断断油。在实际操作中,由于煤油混烧时间过长、风量与燃煤粒度匹配不佳或燃用难燃煤等原因,可能导致未燃烧完全的油渣与床料板结成块,形成疏松性渣块或进入旋风分离器使循环灰中含碳量增加,从而增大结焦的可能性。在启动过程中,如果返料装置未能及时充满灰或返料风调节不当,也可能导致床温过高而结焦。此时,如果再通过加煤来维持压力及汽温,

床温将在返料未回炉膛及加煤的双重作用下急剧上升,最终导致床上结焦。

3.4 设备与操作因素

设备与操作因素也是导致循环流化床锅炉结焦的重要原因之一。设备方面,布风板及其部分体系设计、制造安装质量不好可能导致布风严重不均匀,风平衡关系较差,从而引发结焦。耐火浇注料脱落、风帽堵塞或损坏、返料器堵塞或设计不当等因素也可能导致结焦的发生。操作方面,运行参数设置不正确、风量与燃煤粒度匹配不佳、料层差压控制不当或运行人员经验不足等因素都可能引发结焦。例如,一次风量过小或减风至流化极限以下会导致料层流化不好而出现局部温度过高的情况;料层差压过大可能引发流化不良造成炉膛结焦或灭火;运行人员无法对一些突发情况采取合理的措施进行处理也可能引发锅炉烧结焦的现象。

4 循环流化床锅炉结焦预防措施

4.1 优化床料流化与燃烧控制

循环流化床锅炉结焦的首要预防措施在于优化床料流化与燃烧控制。这要求在运行过程中,必须保持床料的良好流化状态,以确保热量能够均匀分布,避免局部过热导致的结焦现象。首先,要确保风量的合理配置,一次风主要用于流化床料,其大小直接影响到床料的流化效果。在运行过程中,应根据床料的粒度、密度以及锅炉的负荷情况,合理调整一次风量,以保持床料的良好流化状态。同时,二次风则用于补充燃烧所需的氧气,并加强炉膛内的扰动,提高燃烧效率。二次风的调整应根据炉膛出口氧量、飞灰含碳量等参数进行,以确保燃烧过程的稳定性和经济性^[3]。其次,要严格控制床温,床温过高是导致结焦的主要原因之一。在运行过程中,应密切监视床温的变化情况,并采取相应的措施进行调整。例如,当床温过高时,可以通过减少给煤量、增加风量或调整燃烧器等手段来降低床温。还应避免床温的急剧变化,以防止床料因热胀冷缩而破裂,进而引发结焦现象。另外,还应加强燃烧过程的控制。在燃烧过程中,应保持煤质的稳定,避免煤质的变化对燃烧过程产生不利影响。还应根据煤质的变化情况,及时调整燃烧器的位置和角度,以确保煤粉在炉膛内的均匀分布和充分燃烧。还应加强燃烧器的维护和检修工作,确保其处于良好的工作状态。

4.2 强化点火与启动过程管理

点火与启动过程是循环流化床锅炉结焦的高发期。在点火过程中,应严格控制点火时间和点火温度。点火时间不宜过长,以避免床料因长时间高温而结焦。点火

温度也不宜过高,以防止床料因急剧升温而破裂。在点火过程中,还应加强监视和检查工作,确保点火过程的顺利进行。在启动过程中,应逐步增加给煤量和风量,避免床温的急剧变化,还应密切监视床料流化状态和燃烧情况,及时调整运行参数,以确保床料的良好流化和充分燃烧。在启动过程中,还应加强对锅炉各部件的检查和维修工作,确保其处于良好的工作状态。为了降低点火与启动过程中的结焦风险,还可以采取一些辅助措施。例如,在点火前可以预先铺设一层较细的床料,以增加床料的流化性;在启动过程中可以逐步增加给煤量,避免煤量的突然增加导致床温的急剧变化;同时还可以采用分段启动的方式,先启动部分燃烧器,待床温稳定后再逐步启动其他燃烧器。

4.3 加强设备与操作管理

设备与操作管理是预防循环流化床锅炉结焦的重要措施之一。在设备管理方面,应加强对锅炉各部件的维护和检修工作,确保其处于良好的工作状态。例如,应定期对风帽、布风板、旋风分离器等部件进行检查和清理,防止其堵塞或损坏导致床料流化不良和结焦现象的发生。还应加强对锅炉的定期检查和维修工作,及时发现并处理潜在的问题。在操作管理方面,应加强对运行人员的培训和考核工作,提高其操作技能和安全意识。运行人员应熟悉锅炉的运行原理和操作规程,能够正确判断和处理各种异常情况。在运行过程中,应密切监视锅炉的运行参数和状态变化情况,及时发现并处理潜在的问题。还应加强与其他部门的沟通和协作工作,共同确保锅炉的安全稳定运行。为了降低结焦风险,还可以采取一些优化操作措施。例如,在运行过程中可以保持较高的床压和料层厚度,以增加床料的蓄热能力和流化稳定性;还可以采用分段燃烧的方式,将燃料分成多个阶段进行燃烧,以降低床温的波动范围。还可以加强对煤质的管理和控制工作,确保煤质的稳定性和均匀性。

4.4 改进旋风分离器与返料系统

旋风分离器与返料系统是循环流化床锅炉的重要组成部分,其性能的好坏直接影响到锅炉的燃烧效率和结焦风险。因此必须加强对旋风分离器与返料系统的改进和优化工作。在旋风分离器方面,应选用性能优良的旋

风分离器,并加强对其的检查和维修工作。旋风分离器的入口尺寸、转速以及内部结构等参数应合理设计,以确保其具有良好的分离效果和较低的阻力损失。还应定期对旋风分离器进行清理和检修工作,防止其堵塞或损坏导致分离效率下降和结焦现象的发生^[4]。在返料系统方面,应确保返料装置的稳定运行和良好密封性,返料装置应能够准确地将循环灰送回炉膛继续参与燃烧过程,同时防止其泄漏或堵塞导致床料流化不良和结焦现象的发生。为了降低返料系统的阻力损失和提高其分离效率,还可以采用多级返料或旋转式返料器等先进技术。还应加强对旋风分离器与返料系统的监测和诊断工作,通过安装温度传感器、压力传感器等监测设备,可以实时监测旋风分离器与返料系统的运行状态和性能参数变化情况。一旦发现异常情况或故障预警信号,应立即采取相应的措施进行处理和修复工作,以确保锅炉的安全稳定运行。

结束语

循环流化床锅炉结焦问题涉及多个方面,需要从床料流化、燃烧控制、点火启动、设备管理等多个角度进行综合考虑和应对。通过实施有效的预防措施,可以显著降低锅炉结焦风险,提高其运行效率和安全性。未来,随着技术的不断进步和经验的积累,有理由相信,循环流化床锅炉的结焦问题将得到更加有效的解决,为能源行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]焦战鹏.循环流化床锅炉结焦原因分析及预防措施[J].当代化工研究,2020(3):23-24.DOI:10.3969/j.issn.1672-8114.2020.03.007.
- [2]张波.循环流化床锅炉结焦原因及预防策略[J].化工设计通讯.2021,(10).DOI:10.3969/j.issn.1003-6490.2021.10.045.
- [3]刘敬奇.循环流化床锅炉结焦原因分析及预防措施[J].机械与电子控制工程,2024,6(21).DOI:10.37155/2717-5197-0621-28.
- [4]曹洋如,龚炳林.循环流化床锅炉的结焦分析及防范措施[J].中国井矿盐.2022,53(6).DOI:10.3969/j.issn.1001-0335.2022.06.011.