

# 燃煤机组锅炉炉膛结焦原因及预防对策探析

王洪沾

(华电章丘发电有限公司 山东省济南市 250216)

摘要: 燃煤机组是火力发电厂的重要组成部分之一, 其安全稳定运行关系到电力事业和社会经济的健康发展。锅炉炉膛结焦是燃煤机组中常见的问题, 对机组的稳定运行及发电安全 and 质量有着重要影响。本文分析了燃煤机组锅炉炉膛结焦的原因, 探讨了预防结焦的有效对策, 旨在为相关工作提供帮助, 促进燃煤火力发电事业的可持续高质量发展。

关键词: 燃煤机组; 锅炉炉膛; 结焦原因; 预防对策

引言: 火力发电厂的机组运行质量与电力质量呈正比例关系。在实践中, 燃煤机组锅炉炉膛结焦一直是困扰火力发电企业的重要问题。部分企业在发展中认识到了结焦原因分析的重要性并取得了一定成效, 但基于发电标准和要求的持续提升, 还需要对燃煤机组锅炉炉膛结焦的原因做进一步的分析探究, 并在此基础上寻求针对有效的预防处理策略。

## 一、燃煤机组锅炉炉膛结焦原因

### (一) 煤炭质量

结焦主要是因为液化或软化的灰分直接接触到了受热面, 因此倘若煤炭的质量不佳, 含有较大的灰分, 经过液化或者软化之后也会产生更多的灰分。液化或者软化的灰分增多, 其接触到受热面的概率也会更大, 因此更可能产生结焦问题。反之, 高质量煤炭的灰分含量较低, 经过液化或者软化之后产生的灰分也会较少, 极大地降低灰分与炉膛受热面的接触概率, 不容易出现结焦问题。

### (二) 机械因素

受机械因素产生的结焦问题主要在于磨煤机钢球的质量。在磨煤机钢球损耗较大的情况下, 磨煤机的出力将大大减少, 从而使煤粉质量降低, 煤粉的正常输送得不到保障, 这就意味着没有办法按时给炉膛加煤粉。如果没有新鲜的煤粉, 炉膛就会在很长时间内保持在较高的温度, 给予大量灰分足够的液化和软化时间。而灰分的液化与软化, 又为接下来与加热表面相遇, 生成生焦提供了前提条件。而这个时候, 因为没有新的煤粉加入, 所以炉膛中的温度还很高, 而且随着温度的升高, 软化后的灰分更多地被转化为液态, 从而为结焦提供了更多的条件, 这样就形成了一个恶性循环。

### (三) 燃烧不充分

如果在烧煤时氧气含量不够, 煤粉的燃烧不够充分, 会产生大量的一氧化碳, 当烟气中存在一氧化碳时, 灰熔点会显著下降。尽管炉膛内的温度并不高, 但因一氧化碳等还原性气体的存在, 易造成结焦。如果将足够的

氧气注入到锅炉中, 但由于燃料与空气的混合不够充分, 有些地方完全燃烧, 有些地方没有完全燃烧, 也会产生一氧化碳。由于空气流量搭配不当、燃料及二次风调节不当, 造成混合不彻底, 说明不合理的燃烧器结构会加重结焦<sup>[1]</sup>。

### (四) 火焰不正

在燃料与空气分配不均的情况下, 将产生火焰偏移。在正常运转时, 火焰处于炉心, 因此炉心的温度是最高的。当火焰倾斜时, 火焰的中心向侧面偏移, 当最高的火焰层与水冷壁接触时, 凝胶状的灰层会迅速附着在上面, 形成焦渣。燃料、空气分配不均通常是锅炉没有及时调节或调节不当而引起的。这个时候, 还没有完全燃尽的煤粉还会附着在加热表面, 如果一次和二次风的配比不合理, 就会让未完全燃烧的煤粉附着在加热表面, 并持续燃烧, 从而导致这一区域的壁面温度上升, 并且由于其很强的粘性, 会加重结焦。

### (五) 炉膛温度

炉膛中的燃烧器区域温度愈高, 煤灰更易实现软化或熔化, 从而增加结渣的可能性。燃烧器区的温度受多种因素的影响, 比如燃烧器区截面热强度与壁面温度、燃料的发热量, 含水量以锅炉逆负荷变动等。当锅炉更换为同样种类的热值较高的煤炭时, 因释热增加, 燃烧室区域的温度水平就较高, 容易发生结渣现象, 同时, 当锅炉负荷较高时, 向炉膛输送的热量也较多, 容易产生结渣。

## 二、燃煤机组锅炉炉膛结焦预防对策

### (一) 合理选择运行氧量

增加运行氧量, 防止在炉中产生还原性气体。应加大对炉内的吹灰力度, 尤其是关键部位, 加大吹灰频率, 若运行氧量仍然不足, 可根据需要适当减负荷。因其主要生焦部位位于炉口处, 易造成烟道阻塞, 使排烟阻力增大, 风机出力也明显不足, 故应避免生焦和还原气氛的恶性循环。在机组检修过程中, 对空预器进行重点清理, 减少烟道阻力, 增加风机的出力。

### （二）调整炉膛出口温度

对炉膛出口的烟气温度进行监测，确保主要参数满足要求，出口烟气温度在煤粉灰熔点以下，确保蒸气的品质。这样就可以避免在出口出现结焦，使锅炉达到最高的运行效率。如果煤炭质量发生了变化，工作人员立足实际合理调整避免因燃烧不同煤种而引起的炉膛结焦。当部分大颗粒煤未完全燃烧到炉膛出口时，将造成锅炉出口烟气温度过高、结焦问题<sup>[2]</sup>。

### （三）控制炉内温度水平

高温会蒸发或升华煤炭中的某些易挥发性的碱性氧化物，在加热的表面上使碱金属化合物凝固。碱金属在加热表面直接冷凝可生成高粘度的煤灰，会在初始灰层中形成产生低熔点复合硫酸盐反应的条件，也提高了含碱化合物的积灰外表面的粘附性，加快煤灰沉积进程。煤灰处于熔融或半熔融状态，附着于加热表面，造成严重的结焦。

### （四）调节一二次风配比

应按煤炭的种类确定一、二次风量的合理比例。在对一次风进行调整时，主要是为了保证火苗有足够的长度，二次风调整的重点在于保证足够的氧气供应，从而保证煤粉的充分燃烧。同时，针对不同煤种，对一次风温度进行调节，从而改变煤粉气流的着火距离。在燃烧烟煤时，一次风温度较高，可减缓挥发分漫溢，增大一次风量，加快煤粉的移动速率，从而延长煤粉的着火距离。

### （五）调整煤粉细度厚度

由于煤粉颗粒较粗，火炬长度较大，粗颗粒由于其自身的惯性，将对受热面进行直接冲刷。此外，粗煤粉的燃烧温度远高于烟气的温度，且具有较高的熔化率，在冲击壁面后极易形成结焦。但过小的煤粉也会产生一系列的问题，一方面，功率消耗较大，另一方面，锅炉出口烟气温度较高，容易结焦。因此，配煤要均衡，当负荷变动或煤质变动时，要对煤的厚度进行适当的调整。例如，在链条炉中，燃烧高结焦（灰分含量低）煤炭，煤厚 80-120mm，炉排选速度快，送风量少。燃烧烟煤（含灰高）结焦性能不佳，煤的厚度在 100-140mm 之间，炉排采用中速，送风量大。

### （六）增加煤炭种类

掺烧不同种类的煤炭能够对各种煤炭的灰焦特征进行综合。低灰熔融度的煤灰仍然存在于受热表面，而高熔点的固体灰渣会对受热面产生冲刷，从而减少积灰。对不同的煤进行混烧，注意控制煤块的粒径和煤粉细度，尤其是将结焦性强和结焦性差的煤炭一起混合燃烧，是防止结焦，提高锅炉运行效率的有效途径。对于干煤要适量掺入水，对含有硫化物的粘着性较高的煤要进行焦清

渣处理，对灰分大的煤要加大清炉的次数，同时要注意及时清除管群、烟管和烟腔等部位的积灰。

### （七）优化炉膛设计

首先，燃烧器对称的布置在炉膛的前后墙上对称设计燃烧器，严格控制燃烧器的间距以及与水冷壁的间距，尽可能地减少和避免火焰对受热表面的冲刷。其次，合理设计过热器和再热器管平的横向节距和结构形式，降低管子出现变形、和结焦问题的概率。再次，为保证氮氧化物的排放，应合理地选择燃烧器区内的化学反应当量比。然后，使用高品质的合金材料，并在燃烧器的喉部设置适当的水冷壁弯头，从而实现对燃烧器喉口表面温度的有效降低，减少燃烧器区域的结焦问题。最后，对分布在燃烧器中的空气和煤粉进行合理调控，确保燃料在整个炉膛内均匀燃烧。

### （八）维护改造设备

设备的维护和检修质量对生产过程中预防结焦的发生起到了一定的约束作用。在设备维护检修过程中，应密切关注管壁的温度变化，以防止管道结垢，避免出现局部高温负荷。例如，当卫燃带区域靠近燃烧器的地方存在严重结焦时，通过计算，可以消除或缩小卫燃带的面积。此外，还可以针对实际操作过程中的结焦现象，落实对燃烧器的结构设计以及燃烧器的改进工作，及时维修和替换烧坏变形的燃烧器。定期吹灰是预防结焦进一步恶化的一种有效方法。水冷壁式吹灰器因操作和维护工作量大，操作不便，在很多发电厂中都没有得到很好的利用，如果需要，可以使用超声吹灰器等新型的吹灰器<sup>[3]</sup>。

## 三、结语

综上所述，锅炉炉膛结焦作为影响燃煤机组运行安全的主要因素，对此应给予足够的关注，并对其产生原因和预防处理策略进行深入研究。就燃煤机组锅炉的运行现状来看，煤炭质量、机械影响、火焰不正、炉膛温度等是炉膛结焦产生的重要因素。对炉膛结焦进行有效预防可以采取运行氧量的合理选择、出口温度的合理调整、炉内温度的科学控制、一二次风配比的调节、煤粉细度厚度的调整、设备的改造维护等措施。从而全方位保障燃煤机组的稳定运行，提升发电质量。

### 参考文献：

- [1]刘会建,葛云中,孙广府等.燃煤机组锅炉结焦原因分析及优化[J].山东电力高等专科学校学报,2023,26(02):43-45+57.
- [2]吴剑恒.“双碳”目标下燃煤背压机组锅炉烟气余热深度利用研究[J].电功率,2022,37(05):384-421.
- [3]王孝伟.数据驱动的燃煤锅炉燃烧优化基础技术研究[D].华北电力大学(北京),2022.