

Analysis of the reasons and prevention strategies of boiler coking in thermal power plant

Yazhou Zhang

Shaanxi Deyuan Fugu Energy Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract

In the thermal power plant operation link, the boiler as the main equipment, undertake combustion, heating and other tasks, in the high temperature and high pressure operating environment, coupled with the residue of combustion, it is easy to appear the boiler coking situation, affect the function of the boiler. This requires the relevant personnel to strengthen the attention to the boiler coking problem, analyze its causes and effects, and then develop feasible prevention strategies to avoid the coking problem. This paper starts with the boiler equipment of thermal power plant, combined with the combustion type and combustion method of the boiler. Then synthesize these information, the targeted prevention strategy is formulated to avoid the coking situation as far as possible to ensure the smooth development of the boiler function of the thermal power plant.

Keywords

thermal power plant; boiler coking; material selection; quality control

火电厂锅炉结焦的原因与预防策略剖析

张亚洲

陕西德源府谷能源有限公司, 中国·陕西 榆林 719000

摘要

火电厂作业环节, 锅炉作为主要设备, 承担燃烧、加热等任务, 置身于高温高压的作业环境中, 再加上燃烧物的残留, 很容易出现锅炉结焦状况, 影响锅炉的功能。这就需要相关人员加强对锅炉结焦问题的重视, 分析其成因以及影响, 然后制定可行的预防策略, 规避结焦问题。本文就从火电厂锅炉设备入手, 结合锅炉燃烧物类型以及燃烧方式, 对锅炉结焦的原因进行分析。然后综合这些信息, 制定针对性的预防策略, 尽可能地规避结焦状况, 保证火电厂锅炉功能的顺利开展。

关键词

火电厂; 锅炉结焦; 材料选择; 质量控制

1 引言

火电厂作业环节, 锅炉结焦是燃煤工业锅炉运行中比较普遍的现象。它会破坏正常燃烧工况, 减少锅炉出力; 破坏正常水循环, 造成爆管事故, 严重时还会使炉膛出口堵塞而被迫停炉。一般而言, 锅炉结焦是个很复杂的物理化学过程, 它涉及煤的燃烧、炉内传热、煤质的结焦特性、煤灰粒子在炉内运动以及煤灰与管壁间的黏附等过程。这就导致锅炉结焦状况的成因十分复杂, 很大程度上影响火电厂的作业。需要通过燃料更换、设备调整以及热力控制等手段, 对结焦状况进行预防, 实现对结焦的防控。

2 火电厂锅炉设备概述

火电厂锅炉设备是火力发电厂中的核心设备之一, 主

要用于将燃料(如煤、天然气、油等)燃烧产生的热能将高温水转化为蒸汽, 进而驱动汽轮机发电^[1]。根据需要, 不同场地内的锅炉设计存在一定差异, 以某电厂二期扩建项目为例, 由哈尔滨锅炉厂自主开发研制660MW等级高效超超临界锅炉, 主要由炉膛及水冷壁、汽水分离器和贮水箱、过热器受热面、再热器受热面、减温器、省煤器、燃烧器、空气预热器、脱硝装置、锅炉钢结构及平台楼梯、刚性梁、炉顶密封和包覆框架、热膨胀系统等组成。作业环节, 锅炉通过燃烧过程释放热能, 将水加热为蒸汽, 蒸汽通过管道输送至汽轮机, 驱动发电机发电。整个过程需要确保高效率和环保, 锅炉设备配有多项自动化控制和安全保护系统。

3 火电厂锅炉结焦概述

火电厂锅炉结焦是指在锅炉燃烧过程中, 锅炉炉膛或其他热交换面上, 由于燃料不完全燃烧、灰分或碳等物质堆积而形成的焦炭状物质(如图1所示)。这些焦炭不仅影响锅炉的热效率, 还可能引起设备损坏、污染排放和安全隐患^[2]。

【作者简介】张亚洲(1990-), 男, 中国山东济宁人, 本科, 工程师, 从事火电厂集控运行研究。

一般而言，结焦具有多样化的危害。首先，焦炭积聚在热交换面上，形成隔热层，减少了锅炉的热交换效率，导致热效率下降，进而增加了燃料消耗；其次，结焦导致锅炉的热负荷分布不均，增加锅炉内部应力，可能导致锅炉受热面或其他部件的损坏；然后，不完全燃烧会导致烟气中二氧化硫、氮氧化物等有害物质的排放增多，影响环保标准；此外，结焦可能导致局部过热、锅炉爆炸等安全问题。综上，火电厂锅炉设备结焦会导致多样化的问题，需要管理者深入分析并进行解决。



图1 锅炉结焦

4 火电厂锅炉结焦的原因

4.1 燃料的化学成分因素

燃料的成分会影响燃烧效果，主要体现在以下方面。首先，煤中的灰分（尤其是富含钙、钾、钠、硫等元素的矿物质）在高温下会与燃料中的其他成分反应，形成熔融物质，这些熔融物质会沉积在锅炉受热面上，导致结焦；其次，挥发分是煤中易挥发的成分，挥发分较高的煤燃烧时会产生大量的可燃气。如果燃烧不完全，未燃尽的碳颗粒与灰分结合，形成焦炭；然后，含硫或含磷较高的煤在燃烧时会形成一些具有黏性的化学物质，这些物质容易附着在锅炉内壁，导致结焦。

4.2 燃烧不完全问题

锅炉燃烧环节，燃烧的效果也会影响结焦状况。一方面，当锅炉燃烧过程中氧气供应不足时，燃烧不完全，煤中的一部分物质不能充分氧化。这些未完全燃烧的碳、挥发性物质等会在炉膛内聚集，导致焦炭的形成。另一方面，燃烧不完全时，一部分煤的炭粒未被完全氧化，这些炭粒会附着在炉膛内壁或锅炉受热面上，形成结焦。此外，如果炉膛内燃料过多，空气供应不足，局部燃烧不完全，也会导致结焦的发生。

4.3 燃烧器设计与气流不均

如果燃烧器的位置不合理或喷煤方式不当，燃料与空气的混合不充分，局部区域的燃烧会受到影响，导致燃烧不完全或结焦。另一方面，如果锅炉内气流分布不均，某些区域会有过量的燃料和空气，而其他区域则出现氧气不足的情

况，这会造成局部结焦。

4.4 炉膛气流与烟气流速限制

炉膛内气流流速过低，会导致煤粒在炉膛内停留时间过长，未完全燃烧的煤颗粒容易附着在锅炉内表面，形成结焦。如果烟气流速过高，烟气中的灰分可能不会及时沉降，从而导致灰分被带到锅炉的受热面，影响热交换效果，也可能导致结焦。

5 火电厂锅炉结焦的预防策略

5.1 燃料选择

在火电厂锅炉的燃料使用过程中，控制燃料的成分是预防结焦的关键措施之一。

一是要控制煤的灰分含量，煤的灰分主要由矿物质组成，这些矿物质在高温下容易与其他化学成分反应，形成熔融物质并沉积在锅炉受热面上，造成结焦。因此，选用低灰分煤是预防结焦的一个有效措施。

二是要控制煤中的挥发分含量，挥发分是煤中的易挥发成分，在燃烧时容易形成大量可燃气。挥发分含量过高会导致燃烧不完全，从而生成大量未完全燃烧的碳颗粒，导致结焦。因此，应合理控制挥发分的含量，避免过高或过低的挥发分含量，选择适中挥发分的煤种以促进燃烧完全。

三是要控制煤中的硫含量，硫在燃烧时会生成硫化物，这些物质可以与煤灰中的钙、钠等元素反应，形成熔融物质，沉积在锅炉内壁，从而导致结焦。因此，选择低硫煤可以减少硫的化学反应，降低结焦的风险。这需要在燃料来源中使用脱硫技术处理煤中的硫，减少硫的含量，从而降低锅炉结焦的可能性。

此外，煤粒过大或过小都会影响燃烧效果。过大的煤粒燃烧不完全，未燃尽的部分会聚集并形成焦炭；过小的煤粒容易被过快燃烧并形成大量未燃烧的气体，这些气体可能在炉膛内部分冷却后附着在锅炉壁上形成焦炭。合理控制煤粉的细度，使其符合锅炉燃烧的要求，能够有效减少结焦。

综上，通过合理控制燃料的化学成分，以及煤粉的细度等，可以有效预防火电厂锅炉结焦现象。

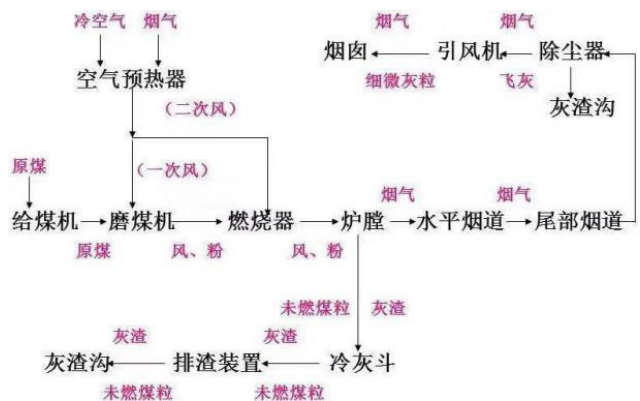


图2 锅炉燃烧系统

5.2 实现完全燃烧

在火电厂锅炉中，预防结焦的关键之一是实现完全燃烧。

一是要进行优化燃烧器设计，相关人员需要合理布置燃烧器的位置和数量，使锅炉的燃烧区域充分分布空气，确保燃料与空气的混合均匀，燃烧稳定。燃烧器的设计要确保能提供足够的初级和二次空气，以保证完全燃烧。而且喷嘴的设计应该能够保证燃料颗粒分布均匀，确保空气与燃料充分接触，促进燃烧。喷嘴设计应考虑燃料的粒径和燃烧气流的速度，避免局部温度过高导致结焦。

第二，要控制空气与燃料的混合比例，完全燃烧需要适当的空气供应，过多的空气会降低燃烧温度，导致燃烧效率下降；而空气不足会导致燃料不完全燃烧，生成碳颗粒，增加结焦的风险(如图2所示)。通过优化空气与燃料的比例，保证燃料完全燃烧。需要注意的是，初级空气提供燃烧所需的氧气，二次空气有助于提供足够的氧气，确保燃料充分氧化。在设计时要确保初级和二次空气流量的比例合理，避免氧气供应不均匀。以某电厂二期扩建项目为例，其送风系统分别来自一次风机和送风机的冷风被送入四分仓式空气预热器，经加热后，通过空预器的热一次风与不通过空预器的旁通风进行混合后进入磨煤机，对原煤进行干燥并将合格的煤粉送入燃烧器一次风喷口；来自送风机的二次风经预热器加热后通过设置在燃烧器四周的风箱和布置在燃烧器上部的SOFA风喷嘴作为二次风送入炉膛。

综上，通过合理控制燃烧条件、优化炉膛温度、提高燃料燃烧的效率，可以有效地减少锅炉结焦的发生，确保锅炉的高效运行和稳定性。

5.3 需要选择合理的燃烧方式

结焦的发生往往与燃烧不完全、局部温度过高或不均匀的燃烧状态有关。通过合理的燃烧方式设计，可以有效地降低结焦风险，提高锅炉的运行效率和安全性。

一是要采用分级燃烧方式，分级燃烧通过将燃料分阶段、分层次进行燃烧，避免一次性大量燃料进入炉膛引起温度急剧上升，减少结焦风险。通常，分级燃烧分为初级燃烧、二次燃烧和三级燃烧。作业环节，可以通过多个燃烧器分布到炉膛内，每个燃烧器负责不同阶段的燃烧过程。例如，初级空气提供主要的燃烧区域，而二次空气则在上层区域进行燃烧。这样的设计可以使燃料在不同区域充分燃烧，避免因过高温度或不完全燃烧导致的结焦。

二是要采用低NO_x燃烧技术，低NO_x燃烧技术通过

控制燃烧过程中的温度和空气流量，降低氮氧化物的生成，同时减少过高温度的区域，防止结焦。可以通过控制燃烧区域温度，避免过高的局部温度，从而降低结焦的风险。也可以采用低NO_x燃烧器或改进现有燃烧器的喷射方式，使燃料和空气充分混合，减少局部过热^[3]。也需要调节炉膛内的气流分布，避免出现温度不均匀的区域。

三是合理选择超低负荷燃烧，超低负荷燃烧方式是在锅炉负荷较低的情况下，通过调整燃烧过程，保持炉膛温度的稳定，避免燃烧过猛或温度波动过大。相关人员可以通过调节燃烧器的燃料量和风量，控制燃烧速率，避免炉膛内温度过高或过低。这种方式能够在锅炉低负荷时稳定运行，减少炉膛温度的不均匀分布，减少结焦发生的风险。

第四，需要采用喷雾燃烧技术，喷雾燃烧是通过将液态燃料转化为雾状喷射到炉膛中，充分利用燃料的表面积与空气的接触来进行燃烧。由于喷雾燃烧的燃料颗粒较小，燃烧更为均匀，有助于避免局部过热和结焦。需要通过喷雾装置将燃料细化，增加燃料与空气的接触面积，提高燃烧效率^[4]。喷雾燃烧系统可以有效提高燃烧的稳定性，防止结焦的产生。该技术能够保持炉膛温度的均匀性，提高燃料的燃烧效率，同时避免结焦。

综上，通过选择适合的燃烧方式，可以避免局部过热、温度不均匀和不完全燃烧，从而有效减少结焦的风险。

6 结语

电厂锅炉结焦对于电厂的生产和设备可靠性有很大的影响。为了防止锅炉因结焦而导致的各种危险事故、减少具体操作任务量和运转的能量浪费，提高锅炉效率和可靠性，相关人员需要深入剖析锅炉结焦的成因并采取科学合理的预防性措施。同时通过加强电厂锅炉的生产管理，以及不断创新和完善的技术，减少结焦事故的发生。

参考文献

- [1] 李跃. 燃煤锅炉结焦及预防措施研究[J]. 清洗世界, 2023, 39(12): 10-12.
- [2] 谭文. 火电厂锅炉燃煤煤质变化对锅炉的危害及防范措施[C]//中国电力技术市场协会. 2023年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集(下册). 国网能源和丰煤电有限公司; 2023: 380-385.
- [3] 易鼎强. 火电厂锅炉结焦的原因与预防措施研究[J]. 现代制造技术与装备, 2023, 59(10): 128-130.
- [4] 叶继苏,李辉. 火电厂煤粉炉燃烧过程中结焦问题探讨[J]. 科技视界, 2017, (33): 1-2+12.