

循环流化床锅炉的结焦分析及防范措施

郭剑 凌成英

四川白马循环流化床示范电站有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i11.7433

[摘要] 本文深入探讨了循环流化床锅炉结焦问题的形成原因，从床温、沉积物含量、燃料特性等多个方面进行了分析。以一台 600MW 超临界循环流化床锅炉为例，详细介绍了该锅炉在运行中出现炉膛结焦问题的案例，并制订了一系列防范措施，涵盖了锅炉启动前、冷态启动、热态启动、正常运行以及异常及事故处理等多个方面。这些措施包括床料品质的控制、输煤上床料过程的规范、外置床和炉膛加床料的精密控制、床温、炉膛差压、下部床压异常的处理策略，以及针对异常及事故的手动塌床流程和炉膛结焦的应对手段。通过这些措施的制订和实施，旨在确保循环流化床锅炉系统的安全、稳定、高效运行，有效防止结焦问题的发生。

[关键词] 循环流化床锅炉；结焦分析；防范措施

Focal analysis and preventive measures of circulating fluidized bed boiler

Guo Jian Ling Cheng Ying

Sichuan Baima circulating fluidized bed demonstration power station Co., LTD.

[Abstract] This paper deeply discusses the causes of circulating fluidized bed boiler coking problem, from the bed temperature, sediment content, fuel characteristics and other aspects. Taking a 600MW supercritical circulating fluidized bed boiler as an example, the case of furnace coking problem in the operation of the boiler is introduced in detail, and a series of preventive measures are formulated, covering the boiler start, cold start, hot start, normal operation, abnormal and accident treatment and other aspects. These measures include the control of bed material quality, the specification of coal feeding material process, the precision control of external bed and furnace bed material, bed temperature, furnace differential pressure, abnormal treatment strategy of lower bed pressure, as well as the manual bed collapse process for abnormal and accident and the response means of furnace coking. Through the formulation and implementation of these measures, it aims to ensure the safe, stable and efficient operation of the circulating fluidized bed boiler system, and effectively prevent the occurrence of coking problems.

[Key words] circulating fluidized bed boiler; coking analysis; preventive measures

循环流化床锅炉是一种广泛应用于能源领域的重要设备，然而，结焦问题的出现可能对锅炉的正常运行产生严重影响。本文以一台 600MW 超临界循环流化床锅炉为例，通过对结焦原

因的深入分析，提出了一系列系统性的防范措施。

1 结焦形成

循环流化床锅炉的结焦原因主要与床温、沉积物含量、燃

料特性等因素有关。在循环流化床锅炉中，床温的升高可能导致结焦现象，因为高温条件下燃烧产生的灰渣可能在床层中粘结在一起。此外，燃料中的灰分和挥发分在燃烧的过程中生成的灰渣也是结焦的重要原因，尤其是当燃料中含有较高的灰分时，易形成难以分解的焦油状物质。沉积物的积累在床层和烟道系统中也可能导致结焦，因为这些沉积物会在高温条件下逐渐烧结形成坚硬的焦渣，影响锅炉的正常运行。因此，为了有效防止循环流化床锅炉的结焦问题，需要在运行中控制好床温、降低燃料灰分含量、定期清理沉积物等措施，以维持锅炉系统的稳定运行。

2 结焦原因分析

2.1 案例介绍

本机组锅炉为东方锅炉厂自主研发型600MW超临界循环流化床燃烧方式直流锅炉，一次中间再热，双布风板单炉膛、H型布置、平衡通风，露天布置。锅炉由主循环回路，竖井烟道、尾部烟道三部分组成，整体呈左右对称布置，支吊在锅炉钢架上。采用外置式换热器调节炉膛床温及再热蒸汽温度，采用高温汽冷式旋风分离器进行气固分离。#2锅炉在运行过程中，出现了炉膛结焦的问题，威胁到机组的安全和经济运行。

2.2 结焦原因

循环流化床锅炉结焦的原因主要涉及以下几个方面：

(1) 床料品质不合格

床料的颗粒大小、化学成分等直接影响床层的流动性和燃烧过程。若床料不符合规定的粒度和质量要求，容易导致床层内部结构紊乱，形成焦块。

(2) 煤质问题

煤的质量变化可能引发结焦。煤中灰分、硫分等成分的波动，以及煤的粒度分布，都可能导致床层内部温度分布不均匀，从而促使焦化的发生。

(3) 床温控制不当

床温是影响结焦的重要因素。床层温度偏高或偏低都可能导致焦炭的生成或者积聚。温度过高可能导致焦炭烧损失减小，温度过低则可能促使焦化反应不充分。

(4) 给煤系统异常

给煤系统的异常操作或者输煤过程中的问题，如煤料的不均匀分布、煤的停滞等，都可能导致焦炭在床层内的积聚和堆积。

(5) 操作不当

锅炉的启停、升温、降温等操作若不合理，可能导致床层内温度和气流分布的不稳定，从而影响床层的正常流动性，引发结焦。

3 防范措施

3.1 启动前的床料品质控制

启动前的床料品质控制措施是关键预防措施，具体包括：

床料品质要求：对炉膛床料和外置床床料的粒径、化学成分等进行规定，确保其在合适范围内，以降低结焦的风险。

风帽和风室检查：在锅炉启动上床料前，必须检查各处风帽、风室是否正常，启动风机吹扫，并进行空板阻力测试，确保正常运行。

输煤上床料过程控制：通过限制床料仓的煤料进入方式、禁止带煤试运、防止煤料混入床料中等措施，确保床料质量不受煤料污染。

外置床、炉膛加床料过程控制：通过规定加床料方式、确认给煤机无积煤、加床料前处理床料仓内煤料等，确保外置床和炉膛加床料的顺利进行。

3.2 输煤上床料过程的控制

首先，在锅炉启动前，对床料的品质有明确的要求，包括炉膛床料和外置床床料的颗粒大小、化学成分和水分等参数。这些要求旨在确保床料的合适性，以防止结焦问题的发生。对于炉膛床料，要求 d_{50} 为 0.6mm， d_{max} 为 3.0mm， $Na_{2O} \leq 0.2\%$ ， $K_{2O} \leq 1\%$ ， $C \leq 5\%$ ，水分 $\leq 1\%$ ；对外置床床料，要求 d_{50} 为 20um， d_{99} 为 80mm， $C \leq 3\%$ ，水分 $\leq 1\%$ 。

其次，在输煤上床料过程中，需要进行严格的控制，包括检查各处风帽、风室的正常情况，并在必要时启动风机吹扫，进行空板阻力测试。此外，在启动上床料前，要试转床料加入线及各给煤线，确保系统正常，注意防止试转过程中燃煤进入炉内。

在输煤系统的操作中，床料仓要严禁任何方式进煤，且在锅炉点火后，只有得到值长令方可向对应煤仓上煤。为了避免床料进入A煤仓，需要优化各犁煤器结构，减小犁煤器放下时与皮带之间的漏量。此外，床料仓犁煤器在上床料结束后必须可靠抬起，并在停电后挂上“禁止操作”警示牌。

在外置床和炉膛加床料过程中，也有一系列的控制措施，包括确认各给煤设备状态正常，床料加入前将床料仓粗床料加空，启动前各外置床床料加入量约100T等。同时，需要加强现场监察，确保床料的品质符合要求，如果发现床料不合格，需要立即停止加床料并及时汇报、处理。

3.3 外置床、炉膛加床料过程的控制

在锅炉启动前，通过严格要求床料的品质，包括炉膛床料和外置床床料的粒径、成分及含水量等方面，以确保床料的适宜性。在床料加入过程中，通过多重控制措施，如严禁床料仓进煤、优化犁煤器结构、设置机械盖板等，确保床料的质量和加入的过程不受干扰。外置床、炉膛加床料的过程中，通过详细的步骤，包括床料加入方式、对各给煤口的检查和控制、加床料前的准备工作等，细致管理外置床和炉膛的床料投入，以降低结焦的风险。

3.4 冷热态切换

锅炉冷态启动分为点火前、点火后和启动投煤三个阶段。在点火前阶段，首先启动一次风机，然后调整左右侧一次风量，检查床温和床压。点火前还需调整两侧炉膛差压，并在必要时补充床料后进行点火。

点火后的步骤包括根据炉膛差压情况进行动态补充床料，确保锅炉投煤前的动态补床料过程正常进行。油枪点燃后，需要维持燃油母管压力正常，调节开大油枪配风以确保油枪的雾化和燃烧良好。在点火后，还需调节燃油流量或油枪运行方式，控制风道燃烧器出口风温和床温升温速率。

启动投煤阶段要关注中层床温、炉膛差压、床压等参数，确保投煤过程平稳。投煤初期采用脉动投煤，严密监视氧量、床温变化情况。投煤后，及时调节给煤刮板机下煤插板开度，保证各个给煤口煤量均匀。同时，加强床温监视，确保床温平

稳上涨。

在床温、炉膛差压、下部床压出现异常波动、偏差和变化的情况下，采取调节各点给煤量、燃油流量、床料加入量等措施，包括调节一次风量和采取大风量流化扰动等。低温段床温快速上涨需要根据床温升温率采取相应措施，如停止给煤、调节燃油量和一次风量等。

锅炉热态启动前需准备足够备用床料，通过提高一次风量检查炉膛各点床温及变化趋势，确认炉膛流化正常。在锅炉两侧床温同步上升并稳定后，可选择直接投煤或投油。如果炉膛差压过高，及时投入底冷器排渣。

4 结语

结焦问题是循环流化床锅炉运行中需要高度警惕的难题，对于确保锅炉的长期、稳定运行具有重要影响。本文通过对结焦问题的原因进行分析，以及以实际案例为基础的防范措施的制订，为解决和预防循环流化床锅炉结焦问题提供了有益的参考。在锅炉启动前的床料品质控制、输煤上床料过程的规范、外置床和炉膛加床料的精密控制等方面采取的措施，为防止结焦问题提供了全面的技术支持。在今后的工程实践中，可根据本文提出的防范措施，进一步完善和优化循环流化床锅炉的运行管理，以确保锅炉系统的高效、安全运行。

[参考文献]

- [1]吕乐. 浅谈循环流化床锅炉结焦的原因危害及防范措施[J]. 科技视界, 2018, (09): 197-198. DOI: 10.19694/j.cnki.issn2095-2457.2018.09.094.
- [2]何泾渭, 肖爽. 一起循环流化床锅炉爆燃事故原因分析与防范措施[J]. 中国特种设备安全, 2016, 32(02): 66-67.
- [3]徐海兵. 循环流化床垃圾焚烧锅炉堵渣分析与防范措施[J]. 工业锅炉, 2014, (05): 62-63. DOI: 10.16558/j.cnki.issn1004-8774.2014.05.016.
- [4]陈振煜. 循环流化床锅炉结焦原因分析、处理对策及防范措施[J]. 轻工科技, 2014, 30(02): 40-41.
- [5]任其安, 黄能. 循环流化床锅炉“四管”泄漏原因分析与防范措施[J]. 轻工科技, 2013, 29(10): 51-52.