

# Discussion on Prevention Methods for Coking in Boiler Operation of Thermal Power Plants

Xingwen Xi

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

## Abstract

In the operation link of thermal power plant, the boiler, as one of the common equipment, undertakes important tasks. In the boiler operation link, because some energy types are difficult to be completely burned out, the coking in the furnace has become a common problem of the boiler, which affects the function of the boiler to a certain extent. In this context, it is necessary for the thermal power station management personnel to pay more attention to the coking in the furnace, analyze its causes and influences, and formulate targeted prevention strategies to ensure the function of the boiler. This paper starts with the thermal power plant, discusses the cause and harm of coking in the furnace in the boiler equipment, and then formulates the actual situation of the thermal power plant, so as to ensure the play of the boiler function and promote the development of the thermal power station.

## Keywords

thermal power plant; resource type; boiler; coking in furnace

## 漫谈火电厂锅炉运行中炉内结焦预防方法

习兴文

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, 锅炉作为常见设备之一, 承担重要的任务。而锅炉作业环节, 由于部分能源类型难以完全燃尽, 炉内结焦就成为锅炉的常见问题, 一定程度上影响锅炉功能的发挥。此背景下, 就需要火电站管理人员加强对炉内结焦的重视, 分析其成因以及影响, 针对性地制定预防策略, 以保证锅炉功能的发挥。论文从火电厂入手, 通过文献综述等方式浅谈锅炉设备中炉内结焦的成因与危害, 然后结合火电厂的实际状况制定针对性的预防策略, 以保证锅炉功能的发挥, 推进火电站的发展。

## 关键词

火电厂; 资源类型; 锅炉; 炉内结焦

## 1 引言

火电站作为承担电力生产的场所, 需要通过燃烧煤、石油等化石能源进行电力的转化, 锅炉作为反应的设备设施, 也就成为行业发展的关键。而实际作业环节, 化石能源在锅炉内部的燃烧会由于技术以及能源纯度等出现燃烧不充分问题, 导致残留物在锅炉内部聚集, 造成炉内结焦。炉内结焦作为锅炉设备的难点之一, 一定程度上影响锅炉的效率, 严重者还会造成安全隐患。所以火电厂作业环节, 锅炉设备的炉内结焦就成为管理者关注的要点, 要求相关人员结合电厂的作业实际分析炉内结焦的成因, 并且判断其对电力生产的影响, 然后针对性地制定预防手段, 尽可能地规避炉内结焦状况的产生, 保证锅炉质量。

## 2 火电厂锅炉设备概述

火电厂锅炉是一种用于发电的设备, 它是火力发电厂中的核心组成部分之一。实际作业环节, 火电厂利用燃烧煤炭、天然气或石油等燃料加热水产生高温高压的蒸汽, 然后将蒸汽送入汽轮机以产生电能。在锅炉内, 燃料在炉膛中燃烧, 释放出大量的热能。水冷壁负责吸收炉内高温烟气的热量, 将烟气的温度降低同时加热水, 使水转化为蒸汽。过热器和再热器进一步提高蒸汽的温度和压力, 以提高汽轮机的效率。空气预热器则通过对一次风和二次风预热, 提高燃烧效率。

## 3 火电厂锅炉设备炉内管壁结焦概述

### 3.1 概念

炉内管壁结焦作为锅炉常见的难点之一, 是指火电厂锅炉中燃料在燃烧过程中产生的一种现象, 即燃料中的杂质或不完全燃烧的物质在锅炉内沉积并形成固体状物质。这些

【作者简介】习兴文(1990-), 男, 中国陕西渭南人, 本科, 工程师, 从事火电厂集控运行研究。

固体物质会附着在锅炉的管壁、水冷壁等部位，形成一层或多层焦渣。火电厂作业环节，炉内结焦对火电厂锅炉的运行和效率会产生负面影响。一方面，结焦会降低锅炉的传热效率，导致烟气温度升高，供电煤耗下降，从而影响发电效率。另一方面，结焦会导致锅炉管道堵塞，增加水冷壁和其他部件的磨损，加大维护和清洗的难度和成本。而且结焦还可能引起火灾等安全隐患，需要相关人员加强对该现象的治理。

### 3.2 火电厂锅炉设备炉内结焦的特点

锅炉设备的炉内结焦会很大程度上影响锅炉的功能，所以实际作业环节，就需要火电厂的管理人员结合实际对炉内结焦的特点进行分析，方便后续工作的开展。首先是粘附性的特点，炉内结焦物往往会附着在锅炉的管壁、水冷壁、过热器等部位，长时间的堆积会一定程度上影响锅炉的功能；其次是形态方面的特点，由于其是指燃料在燃烧过程中产生的固体物质在锅炉内沉积并形成的一层或多层焦渣，现阶段多数结焦呈现出固体形态；之后是耐高温的特点，这些经由燃烧而来的炉内结焦本身就承受较长时间的焚烧，就具有较强的耐高温性质；然后是存在安全隐患，炉内结焦物的堆积会增加锅炉的清洗和维护难度，并可能引发锅炉大面积掉焦从而引起炉膛负压波动造成锅炉 MFT 等安全隐患。所以实际来看，锅炉设备中的结焦就具有固体性、粘附性；耐高温以及存在安全隐患等特点，这些特点一方面导致这些结焦难以清理，另一方面也会影响锅炉功能的发挥，需要火电厂作业人员加强对其的重视与分析<sup>[1]</sup>。

## 4 火电厂锅炉设备炉内结焦的成因

实际施工环节，火电厂的锅炉设备会受到各种因素的影响，所以炉内结焦的成因也较多，很大程度上影响电力的安全生产，对炉内结焦成因的研究也就十分必要。一是燃料品质存在问题，如果燃料中杂质含量较高，如灰分、硫化物等，会在燃烧过程中残留下来，沉积在锅炉内部形成结焦物；二是燃烧过程中的控制问题，当燃烧温度不够高或氧量过高或过低时，就会发生不完全燃烧现象，产生大量的固体燃料残留物；三是如果燃料投入不均匀，也容易导致炉内结焦；四是锅炉运行状态的影响，当锅炉水循环不畅或水质不佳时，会使得水冷壁表面的温度升高，容易形成结焦物；五是锅炉内部若存在渣物和沉淀物，也容易促进结焦的发生；六是操作方面的问题，如清灰不及时或不彻底、检修不到位等，都会造成锅炉内部的积存，增加结焦的风险。所以实际来看，炉内结焦的成因很多，既有外部因素，也有内部因素、既有管理因素，又有设备因素。这些状况的存在很大程度上制约炉内结焦的预防与治理。

## 5 火电厂锅炉设备炉内结焦预防处理的难点

锅炉设备的炉内结焦很大程度上影响火电厂作业的落实，就要求相关人员对炉内结焦的危害进行研究，从而反推出预防的手段。但是实际作业环节，由于炉内结焦的成因较

多，再加上锅炉设备本身结构较为复杂，炉内结焦的预防就还存在一些难点，一定程度上制约预防工作的开展。此背景下，就要求火电厂管理者加强对这些难点的研究分析，方便后续相关预防措施的落实。

### 5.1 影响因素较多

炉内结焦是由多种因素综合作用而产生的，包括燃料性质、燃烧工艺、燃烧温度、锅炉设计等。这些因素相互影响，使得炉内结焦的形成机制复杂，解决难度较大。

### 5.2 结焦物附着性强

炉内结焦物通常具有较高的附着性，黏附在锅炉管道、水冷壁等部位，难以彻底清除。这需要采取有效的清洗措施，以保持锅炉的正常运行。

### 5.3 高温环境限制较大

火电厂锅炉工作在高温环境下，而炉内结焦物需要在高温条件下存在和承受燃烧。因此，解决炉内结焦问题需要考虑材料的耐热性能和使用寿命。

### 5.4 清洗困难

炉内结焦物的清洗是一项复杂且困难的任务。结焦物的附着和堆积使得清洗工作变得艰巨，需要采用专业的清洗设备和技术手段。

### 5.5 维护成本较高

炉内结焦对于锅炉的正常运行和热效率有不利影响，需要进行定期的清洗和维护。这将增加维护成本和停机时间，对火电厂的经济效益带来一定影响。

## 6 火电厂锅炉运行中炉内结焦预防方法

### 6.1 严格执行锅炉入炉煤煤质管理

以笔者所在厂为例：笔者所在厂为坑口电厂，煤质比较稳定，煤种的灰分中含  $Fe_2O_3$  在 10% 以上，且钠、钾、钙的含量偏高，灰熔点偏低，粘附性强，灰的变形温度、软化温度、半球温度、熔融温度各值之间相差不超过  $40^{\circ}C$  (表 1)，使锅炉受热面极易发生结焦和积灰。

表 1 某厂炉内煤灰温度数据表

低位发热量 (cal/g)	变形温度 ( $^{\circ}C$ )	软化温度 ( $^{\circ}C$ )	半球温度 ( $^{\circ}C$ )	流动温度 ( $^{\circ}C$ )
5800	1110	1180	1210	1260
5700	1110	1170	1190	1250
5600	1110	1160	1190	1250

采用与锅炉相匹配的设计煤种，是防止炉膛结焦的重要措施，当煤种改变时，要进行变煤种燃烧调整试验。锅炉运行时及时掌握锅炉上煤情况，掌握锅炉入炉煤煤质。同时查看煤质化验单，当发现煤质变化较大时，应立即汇报，提前进行燃烧调整。化学人员加强锅炉入炉煤的管理及煤质分析，发现易结焦煤质时，应及时通知运行人员。当煤质变好时，应适当增加磨煤机入口一次风量，降低磨煤机出口温度；反之，当煤质较差时，应适当减小磨煤机入口一次风量，提

高磨煤机出口温度。

## 6.2 严格执行锅炉燃烧调整措施

严格执行锅炉优化燃烧调整措施,调整各项参数在正常范围内。严格控制各项参数不超限运行。严格执行燃烧器配风卡,合理调整上部 SOFA 风,防止两侧烟气温度偏差大。严格控制锅炉氧量正常,正常运行中控制空预器入口氧量不能低于 3%~3.5%。严格控制锅炉主再热蒸汽参数正常,无超温超压现象。严格控制磨煤机各项参数正常,防止磨煤机发生堵磨、着火现象。严格控制一次风压正常,防止发生磨煤机堵磨及一次风粉堵管现象。锅炉运行调整中,应加强对一、二次风压、风速的监视和调整,防止发生气流偏斜贴壁和燃烧中心区域缺氧。集控运行人员可通过主再热汽减温水量、排烟温度、引风机电流以及受热面壁温的变化趋势,判断分析锅炉的结焦情况。机组运行过程中严禁大幅度摆动燃烧器摆角,防止火焰中心过度下摆或者上摆,导致受热面结焦。机组运行过程中,运行人员及时调整各层燃烧器的运行方式及出力,防止炉膛内区域性热负荷太高,引起受热面结焦。利用机组大小修机会,对锅炉进行冷态空气动力场试验/一次风调平试验,通过试验找出燃烧器合理的配风方式,组织起良好的空气动力工况。加强炉膛负压、汽包水位的监视和调整,做好掉大焦灭火的事故预想。加强氧量计、一氧化碳测量装置、风量测量装置及二次风门等锅炉燃烧监视调整重要设备的管理与维护,形成定期校验制度,以确保其指示准确,动作正确,避免在炉内形成整体或局部还原性气氛,从而加剧炉膛结焦。

## 6.3 严格执行锅炉受热面吹灰制度

针对锅炉型号,设定锅炉炉膛及受热面吹灰最低负荷。保证吹灰器发生故障应立即处理,保证吹灰器 100% 投入运行。值班人员根据机组负荷及锅炉各部烟温、受热面壁温及积灰、结焦情况,及时调整各受热面吹灰周期。锅炉分隔屏过热器无吹灰器,当发现大量结焦时,应立即进行燃烧调整。机组正常运行时,严格执行定期吹灰制度,当结焦量较多时,应适当增加吹灰次数;蒸汽吹灰时,必须保证各吹灰蒸汽参数正常,并就地检查吹灰器工作正常。锅炉吹灰时,应保持锅炉运行正常,燃烧稳定,各项参数正常。在吹灰过程中,如锅炉发生燃烧不稳或吹灰装置故障时,应立即停止吹灰。吹灰过程中注意监视各部汽温、壁温的变化,防止出现主再热蒸汽超温现象。吹灰过程中加强对冷灰斗及排渣系统检查,发现掉大焦影响排渣系统运行时,应及时停止锅炉吹灰,处理正常后再进行吹灰。受热面及炉底等部位严重结渣,影响锅炉安全运行时,应立即停炉处理。

## 6.4 严格执行巡回检查制度

巡检人员定期查看炉膛结焦情况,一旦发现大量结焦或结焦量变化较大,加强燃烧调整,必要时降低负荷调整。加大巡回检查力度,发现锅炉有结焦情况时,及时采取加强吹灰、切换制粉系统等相关措施,必要时降低机组负荷。定

期用红外线高温测温仪对屏顶下部观火孔进行测量,控制各层温度不超过规定值,必要时降低机组负荷。定期检查冷灰斗内积灰落焦情况,监视水封槽水位正常,防止因炉底漏风引起下排燃烧器的燃烧稳定性下降,着火推迟炉膛火焰中心升高。

加强对捞渣机系统的检查。一旦发生故障跳闸,首先关断渣井液压关断门,再进行相应处理,必要时可降低机组负荷。

## 6.5 重视设备的清洗

及时对锅炉等设备进行清洗是保证作业落实的关键,实际作业环节,就需要对清洗作业进行强化,及时对结焦进行清理,避免结焦规模的扩大,实现火电厂炉内结焦的预防。首先,可以使用高压喷水清洗,利用高压喷水设备对锅炉内部进行清洗。高压喷水可以冲刷锅炉内壁的结焦物,将其冲掉。喷水清洗可以在锅炉运行期间进行,但需要注意水质和水量的选择,避免对设备造成损害。其次,机械清洗技术,通过机械装置对锅炉内部进行清洗。机械清洗可以利用刷子、刮板、高压水枪等工具,对结焦物进行刮除或冲洗。机械清洗需要根据锅炉的具体情况选择合适的工具和方法。最后,超声波清洗技术,主要利用超声波设备对锅炉内部进行清洗。超声波能够产生高频振动,对结焦物进行分解和松动。超声波清洗可以深入到细小的管道和角落,清除难以触及的结焦物<sup>[2]</sup>。实际作业环节,锅炉清洗强化需要在锅炉停机期间或者合适的运行状态下进行,操作时应遵循相应的安全规范和操作流程。同时,清洗后要及时恢复正常运行,监测锅炉的运行状态,预防结焦问题的再次发生。

## 6.6 对现有的设备进行优化升级

随着电力行业的发展,越来越多的新型材料逐渐运用到电力生产中,锅炉设备也一定程度上实现了优化,需要火电厂的作业人员结合实际进行设计,对现有设备进行优化设计。一是可以进行燃烧器优化,燃烧器是影响燃烧效率和燃烧温度的重要因素。在优化燃烧器设计的同时,可以考虑增加预混室、提高空气预热温度、采用低氮氧化物燃烧技术等措施,以降低燃料在炉膛中的燃烧温度,减少结焦风险。二是对煤粉输送系统优化,煤粉输送系统是火电厂锅炉运行的重要组成部分。在优化煤粉输送系统时,可以采用先进的煤粉干燥技术、增加煤粉输送管道的直径和长度、优化煤粉配比等措施,以减少煤粉在输送过程中的湿度和颗粒度,提高燃烧效率,降低结焦风险。三是对烟气余热回收系统进行优化,烟气余热回收系统是锅炉能量利用的重要手段。在优化烟气余热回收系统时,可以采用高效的换热器、增加余热回收面积、降低烟气排放温度等措施,以最大限度地回收烟气中的余热,减少燃料消耗,降低燃烧温度,进而降低结焦风险。四是烟气脱硫脱硝系统的优化,烟气脱硫脱硝系统是锅炉废气处理的重要环节。在优化烟气脱硫脱硝系统时,可以采用先进的脱硫脱硝技术、提高脱硫脱硝效率、降低反应温

度等措施,以减少烟气中的氧化物和硫化物含量,降低燃烧温度,降低结焦风险<sup>[3]</sup>。优化升级后要及时调整运行参数,监测锅炉的运行状态,预防结焦问题的再次发生。

### 6.7 应定期进行检查维护

定期的检查与维护是保证作业落实的关键,所以实际作业环节,就需要相关人员制定专业的检修策略与制度,以保证相关作业的落实。而在检修维护环节,则需要相关人员将清洗炉膛、检查燃烧器、检查煤粉输送系统、烟气余热回收系统维护、烟气脱硫脱硝系统维护、运行数据监测与分析以及培训和意识提升等作为主要内容,及时地发现可能存在的安全隐患。具体的定期检查和维修计划应根据锅炉的具体情况和使用条件制定。同时,操作时应遵循相关的安全规范和操作流程,确保人员和设备的安全。

### 6.8 结合需要制定炉内结焦治理策略

火电厂锅炉炉内结焦的治理是一个综合性的工作,需要采取多种策略和措施,也需要相关人员进行分析。一是重视炉内清洁,要定期对锅炉炉膛进行清洗,清除炉内的灰渣、积灰和结焦物质,保持炉膛的通畅;二是重视煤粉处理,必须加强煤粉的干燥、筛分和配比工作,确保煤粉的湿度和颗粒度符合要求,避免过湿或过细的煤粉导致结焦;三是对清灰系统进行优化,需要优化锅炉的清灰系统,保证灰渣的及时排出,减少在炉膛内的停留时间;四是对脱硫脱硝系统进行维护,需要定期检查和维修脱硫脱硝系统,确保其正常运行,减少烟气中的硫和氮含量,降低结焦的风险;五是重视炉渣的处理,需要合理处理和利用炉渣,避免炉渣在炉膛内堆积和结焦<sup>[4]</sup>;六是需要对运行数据监测与分析,要建立完善的运行数据监测系统,定期收集和分析锅炉的运行数据,

包括温度、压力、供电煤耗等,及时发现问题并采取相应措施。炉内结焦治理环节,需要根据具体的锅炉类型、燃烧方式和运行情况,制定适合的治理策略,并进行定期的检查和维修工作。同时,治理策略的选择和实施应遵循相关的法律法规和标准,确保环境友好和安全运行。

## 7 结语

总而言之,在供电压力日益增加的当下,火力发电厂也必须做好安全防控工作,预防锅炉炉内结焦现象,保障供电稳定和安全,才能为社会经济建设提供保障。实际作业环节,论文就结合火电厂的发展实际,对现阶段的锅炉设备进行研究,探究其可能存在的炉内结焦状况,并且通过分析炉内结焦原因和危害,阐述炉内结焦对锅炉设备功能的影响。并且在此基础上制定燃烧控制、设备优化、设备清洗、燃料选择以及定期检查等手段,针对性地对炉内结焦状况进行预防,保证锅炉功能的发挥。这样不仅保障了煤炭燃烧质量和效率,实现稳定的火力供电,还优化了锅炉运行环境,减少锅炉设备损耗。

### 参考文献

- [1] 张良.锅炉运行调整防止锅炉结焦优化分析[J].机械管理开发,2022,37(10):318-319+326.
- [2] 赵永卓.基于机器视觉的火电锅炉结焦图像智能识别及预警方法研究[D].北京:中国石油大学(北京),2022.
- [3] 鞠伟东.预防循环流化床锅炉结焦的措施[J].今日制造与升级,2022(1):76-78.
- [4] 胡顺涛,孙彩华.煤粉锅炉结焦及改善措施探析[J].广西节能,2019(4):34-35.