

300MW W 型火焰锅炉结焦分析及治理

钟俊伟

贵阳铝镁设计研究院有限公司, 中国·贵州 贵阳 550081

摘要: “W”型火焰锅炉由于其独特的设计, 被广泛的应用于火力发电机组中。然而在燃烧无烟煤时, 其存在着稳定性较差、结焦现象严重等缺点。本文针对目前某电厂 300MW “W”型火焰锅炉结焦严重, 安全性差, 运行效率低等问题突出, 结合现场实际情况进行了深入分析, 找出了问题的症结所在, 并提出了针对性的改进措施。

关键词: W 型火焰锅炉; 结焦; 安全性; 运行效率

The Analysis and Treatment of Coking Causes For 300MW W Flame Boiler

Junwei Zhong

Guiyang Aluminum Magnesium Design & Research Institute Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550081, China

Abstract: W flame boiler is widely used in thermal power generation units because of its unique design. However, when anthracite is burned, it has the disadvantages of poor stability, serious coking. In view of the problems of coking, poor security and low operating efficiency of W flame boiler in a power plant at present, a deep analysis is made to find out the crux of the problem, combined with the actual situation on the spot, and targeted improvement measures are put forward.

Keywords: W flame boiler; coking; security; operating efficiency

1 引言

“W”型火焰锅炉是中国燃用低挥发分燃料的主要炉型之一。该炉型对于燃用一些劣质无烟煤, 在稳定燃烧方面具有良好的优势, 其工作时炉膛火焰充满度高、火焰行程长、可配置不同型式的燃烧器等。然而, 由于炉膛内温度高, “W”型火焰锅炉普遍存在水冷壁结焦现象。特别是由于原煤市场的变化、导致实际燃用煤种偏离设计煤种后引起结焦的现象也较多^[1,2]。众多学者对此开展了大量的“W”型火焰锅炉结焦的理论和实践研究^[3-6], 从入炉煤质、设备及运行调整等方面分析锅炉结焦的原因。本文通过对某电厂 300MW 亚临界“W”型火焰锅炉结焦原因进行分析, 以及采取相应措施, 有效解决锅炉结焦的问题。这对同类型机组防止锅炉结焦具有借鉴意义。

2 锅炉设备及运行概况

某电厂 4 台 300MW “W”型火焰锅炉, 设计煤种为当地无烟煤。机组运行方式为基本负荷机组, 也可用于调峰。近年来, 由于受煤炭市场的影响, 电厂锅炉燃用煤质发生较大变化, 其具体表现为入炉煤低位发热量低、灰分含量高, 灰熔点低。锅炉原设计煤质和现实际燃用煤质见表 1。

表 1 锅炉设计煤质和实际燃用煤质工业分析

	Mar/%	Aar/%	Var/%	软化温度 (°C)	Qar,net(kJ/ kg)
设计煤种	8.0	25.66	7.88	1390	22.48
实际煤种	8.8	40.0	7.37	~1210	~16.5

煤的灰熔点是一个温度范围, 通常为 1000°C~1600°C。软化温度 >1350°C 称为难熔煤, 软化温度在 1200°C~1350°C, 称为中熔灰分煤, 软化温度 <1200 °C 称为易熔煤^[7]。从表 1 中我们可以看出, 实际燃用煤种软化温度低于设计煤种软化温度, 且灰分含量远远大于设计煤种。为了更好的了解炉膛内温度情况对煤的影响, 工作人员利用便携式测温仪对炉膛内燃烧温度进行测量, 见表 2。从表中数据, 我们可以了解到, 在高负荷工况下, 炉膛内温度远远高于锅炉实际燃用煤种软化温度。

表 2 3# 锅炉典型工况炉膛内温度

	17m 层		20m 层	
	A 侧温度 (°C)	B 侧温度 (°C)	A 侧温度 (°C)	B 侧温度 (°C)
300MW	1498	1503	1538	1521
270MW	1411	1423	1464	1487
240MW	1284	1229	1313	1351
180MW	1023	1054	1068	1073

3 锅炉结焦情况介绍及原因分析

锅炉“结焦”, 是指熔灰在锅炉受热壁面上的积聚, 其本质为锅炉中高温烟气携带处于熔融或部分熔融状态下的未燃尽煤粉颗粒, 遇到低温的壁面冷却、凝固而形成沉积物的过程^[7]。从电厂 4 台 300MW “W”型火焰锅炉长期运行情况看, 存在不稳定的火焰燃烧、经济效率低下、炉内结焦等问题, 产生问题的原因不仅与燃煤的质量有关, 而且还与锅炉设备的布置和设计也密切相关。

而锅炉内部的垮焦现象是锅炉运行过程中所产生的，其主要是以下原因造成的：受热面结焦在一定程度以后，其附着力不足以支撑自身重力或工况变化，从受热面上垮落，在此过程中，会严重影响锅炉燃烧稳定性、降低相关设备运行可靠性，甚至导致锅炉熄火，造成机组非停。因此，应从源头管控，控制锅炉结焦，避免频繁发生垮焦，影响锅炉安全运行。如图 1 所示，其清晰的展示了锅炉垮焦后，巨大焦块堆积在锅炉水冷壁上的情况。

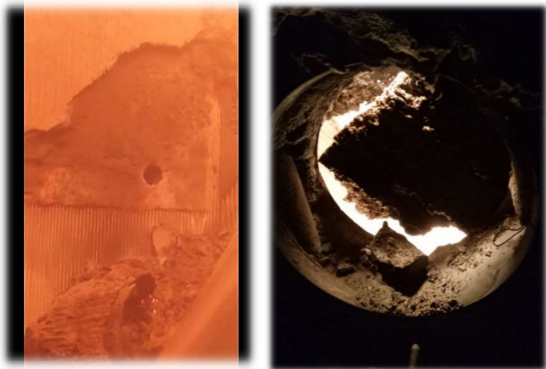
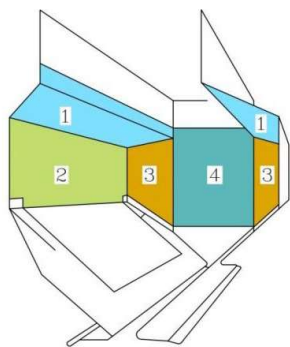


图 1 焦块堆积在锅炉水冷壁上

对于此问题，在锅炉停运期间，工作人员进入炉膛内检查，发现锅炉结焦部位主要集中在下炉膛两边侧墙和翼墙水冷壁上。目前锅炉燃用煤灰分含量高、灰熔点较低，且低位发热量远远低于设计值，导致锅炉配风使用受限，造成该区域局部炉温较高，从而形成积焦。在此区域卫燃带较多，锅炉卫燃带是在炉膛内的部分水冷壁管表面焊接销钉并敷设耐火涂料覆盖层，表面比较粗糙，其作用是提高燃烧区域温度，帮助燃料着火，稳定燃烧，由于其表面粗糙，更是大大增加了锅炉运行中卫燃带部位结焦的可能性，并易形成连片的巨大尺寸的焦块，如图 2 所示。



注：1—拱部；2—前后墙；3—翼墙；4—侧墙

图 2 锅炉卫燃带分布图

根据锅炉设计资料，锅炉卫燃带敷设面积不得低于下炉膛有效敷设面积 50%。根据实际测量计算，锅炉下炉膛有效敷设面积为 1100m²，卫燃带实际敷设面积为 781m²，占比为 71%，远远高于设计推荐值。虽然大面积敷设卫燃带，

提高了燃烧稳定性，但是其粗糙的表面为高温烟气携带处于熔融或部分熔融状态下的未燃尽煤粉颗粒附着创造了条件，增大了其积附在受热面上的概率，易导致大面积结焦。

4 减轻锅炉结焦优化改造

针对当前锅炉运行情况，考虑在下炉膛结焦最严重的侧墙、翼墙区域增加贴壁风和翼墙风来补充当前该区域的氧气供给，改善侧墙和翼墙附近的还原性气氛，优化该区域的烟气流场，减少未燃尽煤粉气流贴壁；同时优化炉内卫燃带的敷设方式，适当减少下炉膛侧墙和翼墙区域的卫燃带面积，降低侧墙和翼墙附近的烟气温度，防止该区域焦块粘连搭桥成大尺寸焦块，从而达到减轻结焦的目的。

4.1 增设防焦风

在靠近炉膛四角处布置防焦风，防焦风采用翼墙风和侧墙贴壁风的型式。一方面提高该区域水冷壁壁面氧量，形成氧化性气氛；另一方面改善局部烟气流场，防止未燃尽颗粒冲刷墙面，保护整个水冷壁壁面，如图 3 所示。

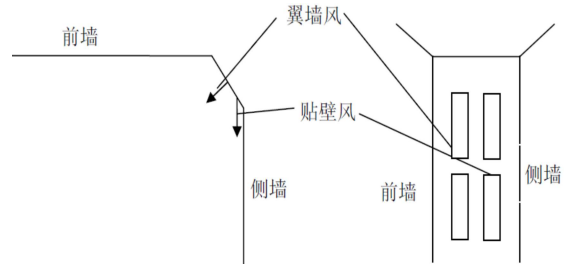


图 3 贴壁风和翼壁风位置示意图

在拱下四角翼墙位置加装若干层贴壁风和翼墙风，中心线高度分别与 D、E、F 风口的中心线对齐。喷口形式为长方型，设计每层每角一个贴壁风喷口，两排翼墙风喷口。

翼墙风就近取自于下部二次风大风箱，风口均匀布置在原下部风箱水冷壁上，其供风来自下部风箱，采用专门设计的小风箱单独供风，由小风箱入口挡板单独手动控制。贴壁风来源属于高速直流风，设计风率 3%~5%，设计风速 40m/s~45m/s。由于贴壁风需具有足够的刚性以吹到炉膛中心，考虑到确保足够的风量和较高的风速，因此取自于风压相对较高的二次风总风道。用风管连接并布置手动调节挡板，通过试验调整挡板开度，一般情况下不做大的调整。

4.2 卫燃带敷设优化改造

下炉膛侧墙和翼墙处常形成大尺寸的焦块，严重威胁锅炉长周期稳定运行，且通过现场查看，在此区域卫燃带较多，易形成连片的大尺寸的焦块。在保证机组低负荷稳燃，水冷壁传热、水循环正常的情况下，主要考虑以下几方面：一是入厂煤质特性，煤灰分灰熔点较低，适当降低炉膛温度，以防燃尽的煤粉在高温下融化，附着在受热面上，导致锅炉结渣严重；二是防止积焦连片，形成大尺寸焦块；三是提升水冷壁吸热能力，提升锅炉响应负荷的能力，而后决定去除炉膛内两侧墙和翼墙部分卫燃带缓解锅炉积焦。

4.2.1 敷设面积优化

由于卫燃带对锅炉的稳燃起着重要作用，要在保证燃烧稳定的前提下，才能去掉相应面积的卫燃带。因此，我们通过热力计算，在确保最低负荷（50%ECR）稳燃的情况下，确定卫燃带去除面积为 220m²，最终卫燃带敷设面积为炉膛有效敷设面积 51%，略高于设计推荐值。

4.2.2 敷设方式优化

经大量研究以及分析得到，敷设方式采用将保留区域的卫燃带分割成若干小块（“品”字型）的方法，间隔交错敷设，以防止结焦搭桥连成大片。上部烟温较高区域卫燃带保留，而下部烟温较低区域为卫燃带去除的主要区域，以防止大焦块掉焦对设备造成损害和防止结焦形成搭桥为原则。经研究最终得出，对 3 号锅炉炉内侧墙和翼墙卫燃带进行改造。卫燃带改造施工方案如图 4 所示，其中黑色部分为铺设卫燃带位置，其余部分不铺设。



图 4 卫燃带面积以及其敷设方式优化改造

5 改造后效果检查

自 3 号炉在改造完毕后，各负荷段工况下，煤粉着火良好，燃烧稳定，锅炉结渣情况良好，积焦频繁掉落，掉落时风险低，对炉内工况扰动小。在机组停运时机，对锅炉炉膛内进行检查发现，自改造后首次连续运行两个月情况下，侧墙以及翼墙基本无结焦现象，且防结焦风风口均未堵塞，如图 5 所示。



图 5 炉膛内运行情况

6 结论

综上所述，锅炉翼墙风、贴壁风以及卫燃带进行优化改造后，有效的缓解结焦情况的发生，大大减少因结焦问题导致的锅炉异常发生次数，确保锅炉运行安全稳定，提高锅炉带负荷能力，提高锅炉运行经济性。

①炉膛结焦改造后，下炉膛侧墙和翼墙壁面附近能补充到氧气，改善现有的还原性气体氛围和局部烟气流场，减轻该区域的结焦情况。

②优化部分区域卫燃带布置，起到减轻结焦的作用，有效避免了锅炉形成大面积结焦的情况，使锅炉 24 支燃烧器均可投入运行，提高锅炉入炉煤种适应性。针对于锅炉燃用掺烧劣质煤运行方式，大大提升了锅炉带负荷能力，提高了机组运行经济性，且锅炉不发生严重结焦。

③卫燃带的清除，进一步提高水冷壁的吸热能力，降低了局部燃烧区域温度，减少了热力型氮氧化物的产生，提升了锅炉的传热效率，对提高锅炉热效率有一定促进作用。

④根据锅炉接带负荷情况，及时调整燃烧器运行方式，在降负荷过程中优先停运边角燃烧器，尽量降低边角燃烧器煤粉气流与侧墙水冷壁受热面接触的可能性，延长控制锅炉结焦发生周期，提升锅炉运行安全性、可靠性。

参考文献：

- [1] 陈安合.“W”型火焰锅炉结焦原因分析及改造治理[J].电站系统工程,2022,38(6):12-14.
- [2] 朱家英.东锅622MW“W”火焰锅炉结焦原因分析及对策[J].应用能源技术,2017,9(6):23-26.
- [3] 陈光伟,何刚.660MW“W”型火焰锅炉结焦分析及治理[J].工业炉,2020,42(6):67-70.
- [4] 奉林,熊显巍,徐金苗.某W火焰超临界锅炉结焦原因分析及对策[J].火力发电,2021,1(1):14-19.
- [5] 周科,王晓旭,柳宏刚,等.燃用高硫煤W火焰锅炉结焦与炉效综合治理[J].热力发电,2014,43(11):46-50+74.
- [6] 陈飞云,姚昌模,邱明.“W”型火焰锅炉掺烧烟煤结焦原因分析及对策[J].锅炉技术,2015,46(6):52-55.
- [7] 王志强.燃煤锅炉结焦及预防措施研究[J].工业炉,2022,44(5):22-26.

作者简介：钟俊伟（1987-），男，中国湖北天门人，工程师，从事热力、燃气工艺系统研究。