

DG-2973/29.3-II3 电厂燃煤直流锅炉 结焦原因分析及采取措施

张拖喜¹, 栾佳霖^{2*}

1. 身份证号: 612722198107080871 陕西 榆林 719000

2. 身份证号: 23030219820630501X 陕西 榆林 719000

摘要: 针对某发电厂1000MW超超临界火力发电机组煤粉锅炉冷灰斗堆焦主要原因及处理措施, 通过有效的应对措施, 保证了锅炉安全可靠地运行, 降低了发电煤耗, 提高了机组负荷率和经济效益。

关键词: 锅炉; 结焦; 浇筑料; 措施

DG-2973/29.3-II3 Analysis of Coking Causes and Measures for Coal-fired DC Boilers in Power Plants

Zhang Tuoxi¹, Luan Jialin^{2*}

1. ID: 612722198107080871, Shaanxi Yulin 719000

2. ID: 23030219820630501X, Shaanxi Yulin 719000

Abstract: In view of the main causes and treatment measures of coke stacking in the cold ash bucket of a 1000 MW ultra supercritical pulverized coal fossil-fuel power station boiler in a power plant, effective countermeasures were adopted to ensure the safe and reliable operation of the boiler and reduce the coal consumption in power generation, the unit load rate and economic benefit are improved.

Key words: boiler; coking; pouring material; measures

一、引言

某大型发电厂一期建设有两台1000MW超超临界发电机组, 配备锅炉为东方锅炉(集团)股份有限公司生产的1000MW超超临界压力燃煤直流锅炉, 型号为DG-2973/29.3-II3, 型式为超超临界参数、直流炉、单炉膛、对冲燃烧、一次中间再热、平衡通风、固态排渣、紧身封闭、全钢架悬吊结构II型锅炉; BMCR工况下锅炉主、再热蒸汽温度为605℃/622℃, 主、再热蒸汽压力为29.3MPa/5.88MPa。锅炉可带基本负荷并参与调峰, 点火及助燃用等离子体点火装置, 设计煤种为朱家崾煤矿, 校核煤种为高兴庄煤矿, 周边混合煤。设计煤种和校核煤种资料见附录表A.1

名称	符号	单位	设计煤种	校核煤种
元素分析				
全水分	Mt	%	13.2	8.1
空气干燥基水分	Mad	%	4.97	5.52
收到基灰分	Aar	%	11.92	5.56
干燥无灰基挥发分	Vdaf	%	40.30	33.63
收到基碳	Car	%	61.20	71.83
收到基氢	Har	%	3.64	3.95
收到基氮	Nar	%	1.09	1.13

名称	符号	单位	设计煤种	校核煤种
收到基氧	Oar	%	6.59	8.34
全硫	St, ar	%	2.36	1.09
收到基高位发热量	Qgr, v, ar	MJ/kg	24.43	28.43
收到基低位发热量	Qnet, v, ar	MJ/kg	23.38	27.43
哈氏可磨指数	HGI	/	56	54

表 A.1: 设计煤种和校核煤种参数

本工程燃烧设备采用前后墙对冲燃烧方式的旋流煤粉燃烧器, 总共48只旋流煤粉燃烧器分前墙3层后墙3层布置, 每层8只旋流煤粉燃烧器, 配6台中速磨煤机, 每台磨煤机为同层的8只煤粉燃烧器提供风粉混合物, 在BMCR工况下燃用设计煤种时, 5台磨煤机投运; 在前、后墙旋流煤粉燃烧器的上方各布置了3层燃尽风, 每层8只燃尽风喷口; 每层风室入口处均设置二次风门挡板用以调节风室的进风量, 二次风门挡板由气动执行器进行调节。前/后墙下层安装等离子点火系统。燃烧器列间距为3.683m, 燃烧器层间距为5.8198m, 最外侧燃烧器中心线与侧墙距离为4.0962m, 二级燃尽风距最上层燃烧器中心线距离为7.1501m, 二级燃尽风距三级燃尽风的距离为3.4919m, 一级燃尽风距上层燃烧器间距为3.9909m。

* 作者简介: 张拖喜(1981.07-), 男, 陕西神木人, 本科, 工程师。栾佳霖(1982.02-), 男, 陕西榆林人, 本科, 工程师 研究方向: 锅炉设备技术。

二、结焦过程分析

煤粉锅炉结焦是一种常见的问题，但结焦的严重性直接影响锅炉的安全运行。结焦的原因很多，有燃烧调整不合理、煤质变化、设备改造、长期高负荷吹灰措施不到位和设备故障防范措施不到位引起的等等，防结焦的措施也有很多种，如改变煤质或配

煤、燃烧优化调整、加除焦剂、优化吹灰措施和变负荷掉焦等。

2021年3月19日#1炉B修完毕启动投入运行，至9月13日#1炉共发生9次掉大焦事件（掉焦时间间隔37天→21天（破坏捞渣机水封处理）→30天（破坏捞渣机水封处理）→30天（破坏捞渣机水封处理）→3天→6天→17天→2天）。共同特点：掉焦后炉膛负压波动不大，最大冒正232Pa，具体掉焦情况见附表A.2。

序号	掉焦时间	处理方式	负荷（MW）	磨煤机运行方式	捞渣机油压最大值	处理周期	水煤比变化	炉膛负压变化情况	备注
1	3.31 22:45	破碎处理	700降至600	ABCEF	15.5MPa	1时27分	最小6.444 最大7.879 平均7.129	-60Pa	
2	5.07 01:25	破碎处理	21:00前 900 后400	ABCEF ABEF	14.7MPa	1时45分	最小6.372 最大8.335 平均7.477	-63Pa	
3	5.28 14:25	破坏水封处理	启动中	ABF	17.5MPa	5时35分		-141Pa	锅炉启动过程中
4	6.28 00:55	破坏水封处理	800	ABDEF	21.309MPa	34时时	最小6.438 最大8.36 平均7.238	-13Pa	
5	7.28 09:19	破坏水封处理	500加至680	ACEF	16MPa	6时36分	最小6.51 最大9.373 平均7.483	232P 至-352Pa之间 波动	V85/86吹灰过程中
6	8.01 07:09	破碎处理	400	ABDF	9.831	19分	最小6.388 最大7.967 平均7.21	-73Pa	
7	8.7 22:35	破碎处理	650	A/B/E/F 磨运行	12.94MPa	25分	最小7.09 最大8.464 平均7.682	-60Pa	SL37/38吹灰过程中
8	8.24 03:19	破碎处理	800降至700	23:55前 ABCEF后 ABCDE	12.609MPa	11分	最小6.964 最大8.186 平均7.413	-43Pa	V17、V18吹灰过程中
9	8.26 03:40	破碎处理	23:37前850 后逐渐降至 400	ABDF	19MPa	40分	最小6.796 最大8.44 平均7.514	-24	SL27吹灰过程中

表 A.2: #1 炉 2021 年 3 月 26 日至 9 月 13 日期间掉焦统计

#1 炉停炉后冷灰斗结焦情况:



#1 炉左侧 9.3 米人孔处

#1 炉捞渣机底部向上观察

捞渣机落渣

#1 炉有规律的在一定时间范围内频繁发生掉焦，掉焦负压波动不大，在6月28日05:37-6月29日12:00 #1号锅炉因掉大焦导致锅炉捞渣机卡涩。经查看锅炉掉焦时曲线，锅炉炉膛负压无明显变化，锅炉各磨煤机火检强度无波动，就地打开锅炉各看火

孔观看锅炉结焦情况时发现E层看火孔处结焦严重，分析锅炉结焦部位在E层燃烧器附近，且在锅炉左侧墙。如在锅炉前后墙掉焦，锅炉火检强度会受焦块掉落影响产生波动。采取减少B/E磨煤机给煤量，负偏置20%开度B/E层燃烧器二次风偏置的方法，降低B/E层燃烧器温度，拉长主燃烧器温度。同时结合定期停运E磨煤机对锅炉燃烧扰动的方式减缓锅炉结焦、降低锅炉主燃烧区温度。

9月13日#1炉临停检修，在停炉后由于时间不充足，未能将左侧堆焦清除。右侧堆焦清除后将右前浇筑料清理掉。锅炉启动后连续运行2个月，观测右侧冷灰斗堆焦情况，右侧后墙有浇筑料的地方仍然有堆焦，并不断的扩大，堆焦扩大到一定程度自然脱落，而冷灰斗右侧前墙没有发现堆焦和挂焦现象。

三、结焦原因分析

1. 堆焦原因:

1) 入炉煤灰熔点低, 1150℃左右 (详见表 A.5), 前后墙燃烧器区域温度达 1200-1500℃, 熔融状态的焦落在四角冷灰斗浇筑料上时不能及时冷却, 而浇筑料表面粗糙导致直接粘接在浇筑料上, 焦块不断壮大达到一定程度。

煤种	变形温度	软化温度	半球温度	半球温度
/	℃	℃	℃	℃
1	1187	1284	1314	1324
2	1140	1173	1198	1220
3	1118	1128	1142	1146
4	1118	1143	1167	1181
5	1081	1101	1155	1206
6	1130	1146	1181	1225
7	1166	1176	1182	1194
8	1126	1158	1216	1252
9	1097	1130	1161	1205
10	1151	1221	1252	1301
11	1130	1150	1166	1187
12	1099	1170	1230	1272
13	1103	1131	1194	1287
14	1158	1235	1266	1315
平均值	1128.857	1167.571	1201.714	1236.785
最大值	1187	1284	1314	1324
最小值	1081	1101	1142	1146

A.4 各厂矿灰熔点化验表

2) 在 #1 炉 B 修和 #2 炉 C 修期间, 防磨防爆检查发现冷灰斗四角水冷壁管磨损严重, #1 炉磨损超过 25% 并换管数量达 300 根, #2 炉磨损超过 25% 并换管数量达 400 根, 为防止水冷壁磨损在冷灰斗四角灌注浇筑料, 前后墙两端各浇筑 2 米延伸段, 左右墙两端各浇筑 1 米左右的延伸段, 上下从水冷壁收缩段开始至底部收缩口处, 由于浇筑料导热性能差和光滑度差, 燃烧过程中的熔融焦掉落在浇筑层上粘接和堆积造成大块堆焦。

2. 定期落焦原因:

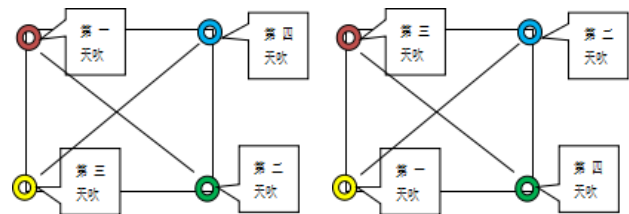
炉膛负荷变化, 炉膛温度变化使冷灰斗堆焦发生冷热膨胀然后脱离浇筑料滑落下来。

四、管控措施

1. 锅炉尽量按照设计煤种进行配煤, 确保入炉煤稳定。锅炉正常运行时, 尽量维持锅炉水煤比在 7.5 左右, 既可以防止锅炉结焦又不影响机组带负荷能力。

2. 适当降低 A 磨一次风速, 每次降低 1 米 / 秒, 观察着火距离。

3. 炉膛短吹灰器吹灰频次没有变, 4 天 / 次, 吹灰方式由每天全部吹灰一次改为上下四支枪进行对角线轮流每天吹灰一次。如下图所示:



4. 燃烧参数以下措施

运行参数控制表

负荷	MW	100	950	900	850	800	750	700	650	600	550	500	450	400
氧量	%	3.0	3.15	3.3	3.5	3.65	3.8	4.0	4.2	4.35	4.5	4.65	4.8	5.0
上层 OFA 挡板	%	65	61	57	53	49	45	42	39	36	33	30	28	25
中层 OFA 挡板	%	65	61	57	53	49	45	42	39	36	33	30	28	25
停运磨二次风挡板	%	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
磨分离器转速	rpm	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115
磨入口一次风量	t/h	0 偏置	0 偏置	0 偏置	0 偏置	0 偏置	0 偏置	0 偏置	0 偏置	0 偏置	0 偏置	0 偏置	0 偏置	0 偏置
磨窗口风温	℃	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

A.3 燃烧优化防结焦措施

1) OFA 挡板可设置偏置, 兼顾两侧氧量及汽温偏差调整, 开度均值应满足上表;

2) 投运磨主燃烧器二次风挡板投自动不设偏置;

3) 氧量需综合省煤器出口、脱硝进口氧量值综合判断, 至少需保证二者之一的氧量均值满足上表。

4) 吹灰频次控制

a. 水冷壁

下三层左、右侧炉膛吹灰器 (对应 BE、CD 层燃烧器范围)

每日后夜班吹灰一次。

b. 屏过、高过

屏过、折焰角吹灰时间吹灰时间又每班一次改为每 6 小时一次。

煤质变差时, 氧量不能随意降低, 燃尽风不能开大。

c. 高再长吹由每周一次改为每 2 天一次。

5. 磨煤机分离器转速控制在 115-120r/min, 降低煤粉细度。

6. 遇停炉检修时处理掉冷灰斗浇筑料, 做其它防磨措施。

7.上下层磨轮换运行,不断扰动火焰中心温度位置,使冷灰斗部位温度不断变换,使焦块脱落。

8.防冷灰斗堆焦加剧措施:

1) 每月1/2/11/12/21/22日 BCEF 磨煤机(高负荷可增启 D 磨煤机)运行。

2) 每月3/4/5/8/9/10/13/14/15/18/19/20/23/24/25/28/29/30/31日 BCDE 磨煤机(高负荷可增启 A/F 磨煤机)运行。

3) 每月6/7/16/17/26/27日 ABDE 磨煤机(高负荷可增启 C 磨煤机)运行。

4) 若遇有高负荷4台磨煤机不能满足需增启磨煤机时,尽量安排增启上层磨煤机。

5) 若遇有低负荷,给煤量低于220t/h需切三台磨煤机运行时,但必需保证两台中层磨煤机都运行,以稳定锅炉燃烧。

6) 若制粉系统有缺陷需停运磨煤机处理切影响本磨煤机运行方式时,本磨煤机运行方式可暂时进行更改,同时做好相应记

录,待缺陷处理完毕后必须恢复原磨煤机运行方式状态。

7) 下层磨煤机给煤量设-10t/h(A/F同时运行时各设-5~-10t/h)偏置运行,一次风量设+6~+10t/h偏置运行,投运磨二次风箱挡板设+20偏置。

8) 严格执行蒸汽吹灰管控措施,按时、按要求完成,并做好吹灰记录。

9) 加强对捞渣机渣量的监视,若发现捞渣机渣量异常小或无渣时,及时通知专业相关人员进行分析检查,防止冷灰斗堵渣加重影响设备安全运行。

10) 长期低负荷运行时,要求值长在单日与调度联系沟通将#1炉加负荷至600MW以上进行关键部位吹灰(屏过、高过和高再)。

其他措施:

用其它防磨防腐材料代替防磨浇注料,以提高受热面壁面光滑度,提高热传导率。

参考文献:

- [1] 郭建华,王强. 电站锅炉结焦原因分析及预防[J]. 电力设备管理, 2021
- [2] 林钊. 浅谈电厂锅炉受热面超温爆管原因及预防措施[J]. 中国高新区, 2017(12).
- [3] 熊蔚立,黄伟,刘志辉,等. 600MW机组W火焰锅炉结焦原因分析及对策[C]//2009年中国电机工程学会年会. 2009
- [4] 韩奎华等. "600MW"W火焰锅炉结焦原因分析与防止措施. "锅炉技术 36.5(2005)
- [5] 吴士区. 600MW超临界直流锅炉结焦解决分析[J]. 能源与环境. 2019,(4).43,45.
- [6] 李来富. 电厂锅炉结焦的原因与对策分析[J]. 科学技术创新. 2019,(33).152-153.
- [7] 郭新根. 电站锅炉结渣问题及其解决途径[J]. 山东大学. 2005.
- [8] 吴英,毛晓飞,王潜,等. 600MW四墙切圆燃烧超临界锅炉结焦防治技术[J]. 中国电力. 2013,(5).
- [9] 辽宁省电力工业局. 锅炉运行[M]. 中国电力出版社, 1995.
- [10] 林宗虎编著-. 实用锅炉手册[M]. 化学工业出版社, 2003.