



天津翔悦密封材料有限公司



弗莱希波·泰格
金属波纹管有限公司



温州环球阀门制造有限公司



北新集团建材股份有限公司

我厂1070t/h燃煤锅炉炉膛负压突然上升现象分析

广深沙角B电厂 (523937) 邱万方 李凌阳 胡新武

【摘要】 本文介绍了沙角B电厂一号锅炉炉膛负压突然上升的分析过程。通过各种现象分析认为，炉膛结焦是引起炉膛负压突然上升的诱因，水煤气化反应产生的可燃气体爆炸是引起炉膛负压突然上升的直接原因。

【关键词】 炉膛负压 结焦 水煤气化反应 可燃气体爆炸

沙角B电厂一号机组于1987年4月建成投产，采用日本石川岛播磨株式会社的IHI-FW-SR型单汽包自然循环再热式露天型锅炉；锅炉最大蒸发量为 1070t/h，额定蒸发量为1034 t/h；炉膛内采用膜式水冷壁、I前后墙对冲布置的IHI-FW双调风旋流燃烧器燃烧方式；制粉系统采用型号为IHI-FWMBF-22.5碗式中速磨煤机制粉后正压直吹进燃烧器，锅炉设计效率为93.25%，设计煤种低位热值为5173Kcal/kg，煤耗量为135 t/h。

1 现象

2003年9月11日凌晨04:14:56，一号机组负荷在258MW时，锅炉正在对炉膛进行吹灰，当吹到9L时，负压从-20 mmH₂O突然升高到+330 mmH₂O；空气流量从68%减少到56%；汽包水位从-20mm降到-70mm。

机组打印机记录到的情况是：

04:14:56	FURNACE DRAFT NORMAL ABNORMAL 炉膛负压异常（压力开关信号）
04:14:57	A—送风机 S/S AUTO PMT N APMT A 侧送风机入口控制挡板DCS禁止自动
04:14:57	B—送风机 S/S AUTO PMT N APMT B 侧送风机入口控制挡板DCS禁止自动
04:14:58	EXCESS AIR AUTO PMT N APMT 过剩空气控制DCS禁止自动
04:14:58	A—送风机 I/L VANE S/S HAND A 侧送风机入口控制挡板跳手
04:14:58	B—送风机 I/L VANE S/S HAND B 侧送风机入口控制挡板跳手
04:14:58	A—送风机 S/S AUTO PMT AUTO PMT

	A 侧送风机入口控制挡板DCS允许自动
04:14:58	B—送风机 S/S AUTO PMT AUTO PMT B 侧送风机入口控制挡板DCS允许自动
04:15:03	EXCESS AIR S/S AUTO HAND 过剩空气控制跳手
04:15:03	FURNACE DRAFT NOR MAL 炉膛负压正常
04:15:05	FURNACE DRAFT 249.7mmH ₂ O>200H ₂ O 炉膛负压249.7mmH ₂ O>200H ₂ O报警（计算机报警信号）
04:15:13	FURNACE DRAFT 7.2 mmH ₂ O 炉膛负压7.2 mmH ₂ O（计算机报警信号）

2 原因分析

造成炉膛压力升高的可能原因包括以下几种：

- (1) 测量误差；
- (2) 尾部烟道二次燃烧；
- (3) 大量的焦块掉进冷灰斗中产生大量的水蒸汽造成炉膛压力升高；
- (4) 炉内可燃气混合物爆燃。

根据机组报警打印记录，对上述几种原因逐一分析：

(1) 测量误差

从报警打印记录可以看出，炉膛压力高达+330mmH₂O是真实的，而不是由测量误差引起的。理由是：一般来说，炉膛负压测量元件两侧（共4个测量点）同时出现误差的几率不大。在当时计算机显示炉膛压力高达+330mmH₂O条件下，如果某一侧出现误差，两侧的压力会有偏差，而且偏差会大于60mmH₂O从而导致引风机控制报警。记录上没有出现引风机控制报警。同时，出现了一系列如送风流量异常，送风机控制挡板跳手，汽包水位下降等异常工况。如果仅仅是某一两个测量信号误差，就不会出现这些异常工况。从以上角度考虑，可以说测量是准确的，炉膛压力是真实的。

(2) 尾部烟道二次燃烧

煤粉要在尾部烟道燃烧需具备以下条件：

①具有一定的浓度

据有关资料介绍，烟煤燃烧的最小浓度在0.32~0.47kg/m³之间。

②有足够的热量

当一定浓度的煤粉在高于其着火热的环境下才能燃烧。

③需足够的氧量

根据资料介绍，烟煤燃烧最小氧量为14%~19%，即氧量低于14%烟煤燃烧是很困难的。

机组负荷在258MW时，炉膛出口氧量为4.35%，远远低于14%。因此，尾部烟道二次燃烧几乎是不可能的。

3 灰渣掉进渣池产生大量水蒸汽造成炉膛压力升高

炽热的渣块掉入渣池，将瞬间散发大量热量而引起水蒸发。根据资料介绍，在1~2S内，炉内压力将达最大值，随瞬时落渣量增加，炉内最高压力增加，升压速率加快^[1]。当炉压达到最大值后，由于炉压与烟道背压压差增加，烟道排出介质增多，炉内压力逐渐降低。

炉膛压力升高是一动态过程。一方面蒸汽不断涌入使炉内压力升高，另一方面，大量烟气被引风机从炉膛出口抽走，使压力降低。根据计算，引起炉膛压力升高至330mmH₂O需434kg新增水蒸汽，查水蒸汽量与焦量关系曲线（图1）得到，在8S内新增434kg水蒸汽，至少需8吨渣量。

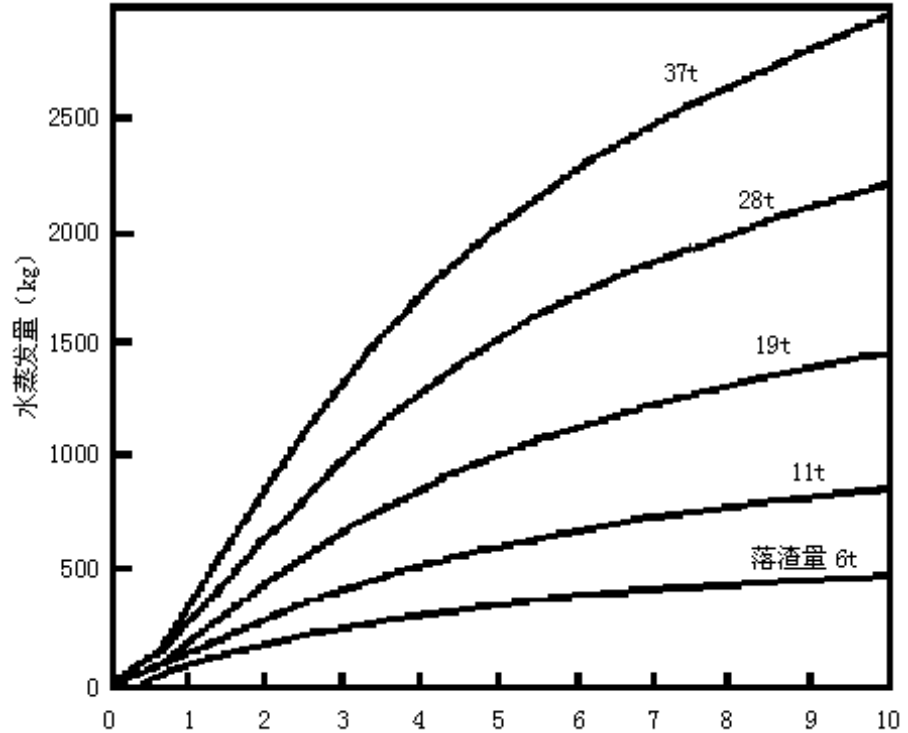
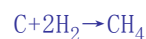
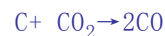
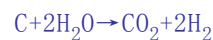


图1 落渣量与渣池蒸发量计算结果

当时两台炉均烧#23（山西优混）和#26（煤管煤）混煤，根据化验报告，从6月份第#17船到现在的#30船，煤的灰熔点（T₂）均为1500℃。同时，根据当值人员回忆，出现炉膛正压后马上派人冲渣，炉底未发现很多渣。另外，记录纸上炉膛负压是突然升高和马上回落的（见附图），从波形上看，是有很大的能量在短时间内释放。

4 炉内可燃气爆燃

炉膛吹灰时，大量的焦掉进渣池中产生大量的水蒸汽，炽热煤粉或焦炭在高温时遇到渣池中溢出的水蒸汽，便会发生水煤气化反应：



以上反应并不是每时每刻都存在的，只有当煤种、煤粒子、温度等气化反应条件满足时才能出现。另外，我们发现最近一段时间一号炉灰中炭平均比二号炉高（具体数值见附表）。灰中炭高的主要原因是一号炉过剩氧量不足，在还原性气氛中不但容易结焦，而且促使水煤气化加剧反应。当气化反应速率达到一定时，才能发生爆燃。资料表明，在环境温度 t 高于700℃时，开始产生水煤气化反应，在

t=700~900℃反应为动力控制区，当t >900℃反应为过渡、扩散区。当可燃气混合物积聚到一定浓度时，只要提供足够的能量，就会产生爆燃，爆燃产生冲击波便有以下现象：

(1) 炉膛压力陡然上升到+330mmH₂O

(2) 由于渣池中溢出大量的水蒸汽，加上水煤气化反应为强吸热反应，因此，会出现汽包水位下降到-70mm现象。

(3) 送风量从68%下降到56%

当炉压上升，测量风量的文丘里差压信号减小，送风量自然下降。

(4) 送风机控制DCS禁止自动

由于炉压高于200mmH₂O，出现炉膛压力异常报警，从而导致送风机控制DCS跳手。

(5) 送风机控制挡板跳手

由于送风量突然下降，超过一定值时，便会出现送风异常报警，导致送风机控制挡板跳手。

一号炉在2003年6月3日04：20也曾发生同样现象：当时负荷为300MW，A组进行吹灰，突然炉膛负压、汽包水位、过剩氧量等大幅波动，风量从76%突然下降到71%。

当时燃用#11（阳原优煤）、#12（平朔混煤）、#14（山西沙优）混煤，灰熔点（T₂）分别为1500℃、1500℃、1279℃。^[2]两次现象出现时均燃用高熔点煤，但一号炉灰中炭比二号炉高，即一号炉过剩氧量不足，在还原性气氛中不但容易结焦，而且促使水煤气化加剧反应。

5 结束语

从以上分析可以推断，引起这次炉压上升的主要原因是：炉膛进行吹灰时大量的焦掉进渣池中产生水蒸汽，水蒸汽与炽热的煤或焦炭接触产生水煤气化反应，在还原性气氛中加剧反应产生的可燃气混合物积聚到一定浓度便发生爆燃，爆燃产生冲击波。但这种反应并不是每时每刻都存在的，只有当煤种、煤粒子、温度、水蒸汽等气化反应条件满足时才能出现。

结合这次事件的分析，炉膛有焦是起因，控制炉膛结焦程度成为关键。因此为了机组的安全可靠运行，提出以下解决措施：

(1) 锅炉运行同时监视过剩氧量和总风量，锅炉应保证足够的过剩空气，在引风机还有裕量前提下，尽量加大DCS BIAS 设定值，防止煤在还原性气氛中结焦，同时还可以减少未燃尽炭损失以提高锅炉效率。

(2) 加强锅炉燃烧的调整和巡查。

(3) 建议我厂锅炉上智能吹灰系统，它不仅可以合理安排吹灰周期、减少锅炉损失，而且还可以提高受热面的使用寿命，控制炉膛结焦程度。

6 参考文献

[1] 中国科学出版社，煤炭清洁燃烧，1998.1

[2] 沙角B电厂燃煤分析报告

文章作者：邱万方

发表时间：2005-01-28 00:00:00

