



# 华电淄博热电有限公司

## 465t/h循环流化床锅炉受热面爆管 分析与处理

安徽 黄山

2008年11月

# 摘要

循环流化床锅炉这种洁净煤燃烧技术，越来越受到企业的关注，循环流化床锅炉发电机组越来越多，循环流化床锅炉长周期稳定运行水平不断提高，但是磨损、爆管问题仍时有发生，各单位都在不断地摸索探讨。今天，我将我们公司近几年发生的受热面爆管事件做一下介绍。供大家参考。

# 锅炉简介

- 华电淄博热电有限公司现有四台机组，#1、2机组容量65MW，配杭州锅炉厂生产高温高压自然循环锅炉，于1996年投产。#3、4机组容量135MW，配哈尔滨锅炉厂生产的超高压循环流化床锅炉，分别于2003年8月31日和12月5日移交试生产。
- 华电淄博热电有限公司2×135MW循环流化床热电机组扩建工程，采用哈尔滨锅炉厂生产的HG465—13.7—L.PM7型循环流化床锅炉，一次中间再热、超高压自然循环锅炉，由哈锅按引进Alstom公司的循环流化床锅炉技术进行设计的。

## 锅炉主要设计参数

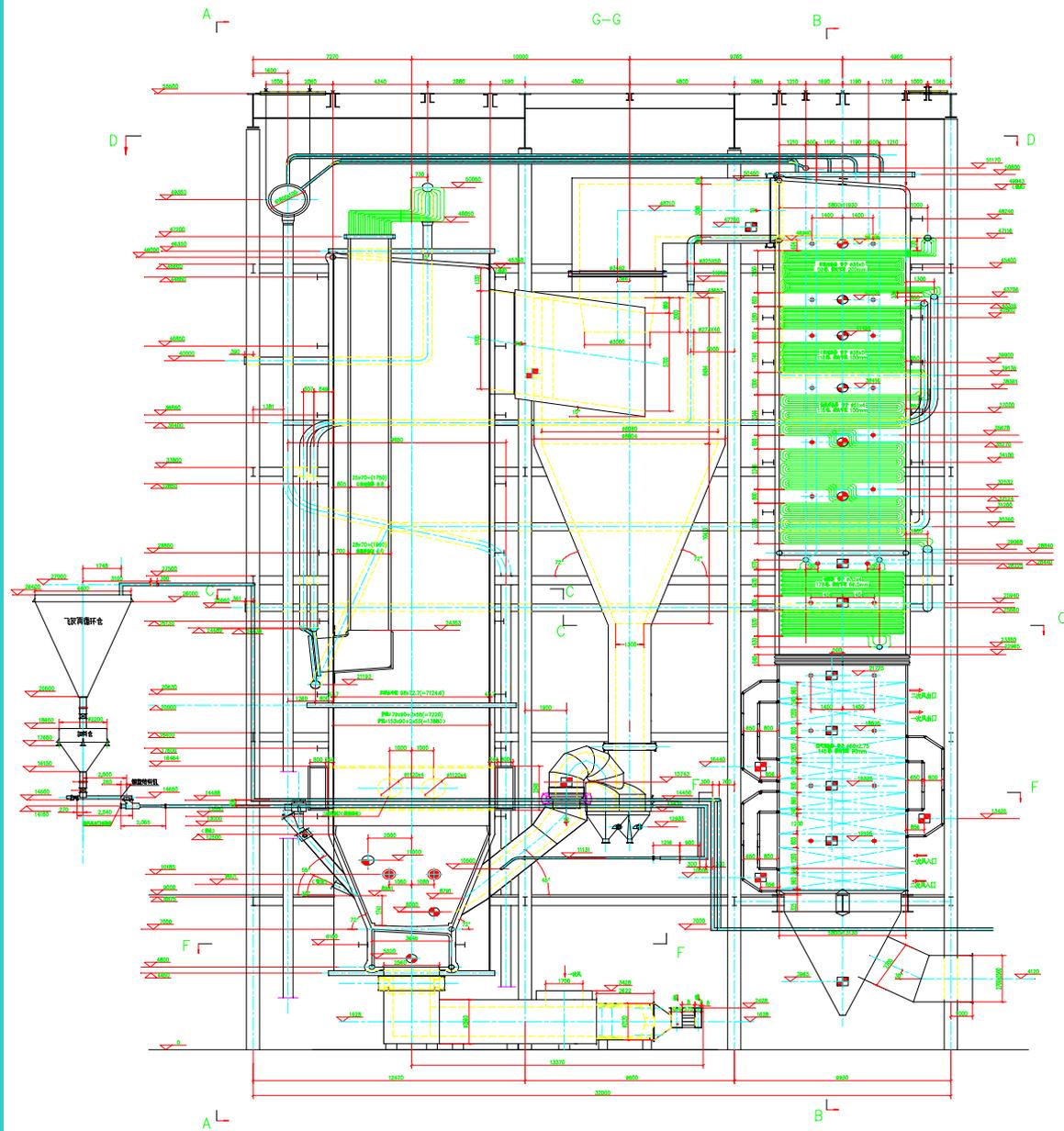
- 过热蒸汽流量 465t/h                      过热蒸汽出口压力 13.7MPa
- 过热蒸汽温度 540°C                      给水温度 244°C
- 再热蒸汽流量 411t/h                      再热蒸汽进口压力 4.06Mpa
- 再热蒸汽温度 540°C                      再热蒸汽进口温度 373.8°C
- 设计燃用淄博贫煤 收到基灰份A<sub>ar</sub> 36.08%，干燥无灰基挥发份V<sub>daf</sub> 14.77%，收到基低位发热量Q<sub>net.ar</sub> 18650KJ/kg。
- 煤种粒径要求：最大允许粒径≤7mm，d<sub>50</sub>=0.6mm，d<200um不大于25%。
- 锅炉宽度 13880mm                      炉膛深度 7220mm
- 尾部烟道宽度 11930mm                      尾部烟道深度 5800mm
- 汽包中心线标高 49360mm                      锅炉最高点标高55000mm

## 锅炉整体布置简介

- 锅炉主要由炉膛、高温绝热分离器、自平衡“U”形回料阀和尾部对流烟道组成。
- 燃烧室采用膜式水冷壁，内部布置双面水冷壁，上部布置屏过和屏再。
- 前墙水冷壁弯制成水冷布风板，采用大钟罩式风帽。
- 布置两个高温绝热旋风分离器内衬绝热材料和耐磨耐火材料。下部布置非机械型自平滑式回料阀，流化密封风用高压流化风机单独供给。
- 燃烧室与分离器、回料阀、冷渣器之间以及分离器与回料阀、尾部烟道之间处安装耐高温、抗磨损的三向非金属膨胀节。

## 锅炉整体布置简介

- 锅炉床下、床上各布置四只启动燃烧器，采用床上和床下联合启动方式。
- 炉前布置墙四点给煤，使用一次风作为播煤风。
- 锅炉两侧安装锥形阀排渣，锅炉下部布置两台风水联合冷渣器，控制排渣温度低于150℃，底渣进入刮板式除渣机运至渣仓。
- 锅炉密相区水冷壁防磨采用浇注料形成的软着陆加水冷壁壁变径和防磨护板方式。
- 燃烧室内上部布置屏式二级过热器和屏式再热器，以提高整个过热器系统和再热器系统的辐射传热特性。



465T/hCFB锅炉总图

## 2 历次炉内爆管事故典型

### 现象汇总

#### 2.1 2006年1月6日 #4炉炉膛B侧37米处水冷壁爆管

##### (1) 事故现象及经过:

1月6日16:07 #4炉运行参数正常。电负荷112MW, 工业抽汽流量158t/h, 主汽压力15.54Mpa, 主汽流量450 t/h, 主汽温度539°C, 再热汽温538°C, 汽包水位正常, 炉膛负压-40Pa, 床压6.9Kpa, 下床温901°C。一次风量18.5万Nm<sup>3</sup>/h, 总风量39万Nm<sup>3</sup>/h, 给煤量65t/h。

## 2.1 2006年1月6日 #4炉炉膛B侧37米处水冷壁爆管

(1) 事故现象及经过:

16:07炉膛负压迅速升至2630Pa,MFT动作,两次风机自动掉闸,汽包水位迅速下降至-150mm,给水流量由410 t/h升至490 t/h,就地检查炉膛37米左右B侧有泄漏声,给水流量最大增至500 t/h,汇报值长停止上水,停炉。16:13开B一次风机,加强排渣,停A二次风机。16:50床压降至4.3 Kpa,汽包上下壁温差48°C,汇报值长,停止排渣,停风机,保留B引风机和AB高压流化风机运行。

## 2.1 2006年1月6日 #4炉炉膛B侧37米处水冷壁爆管

- (2) 爆管位置及设备损坏情况：
- 锅炉B侧炉膛顶棚水冷壁管右（南）数第7根，距前墙水冷壁约1.5m处因磨损严重管壁减薄超标爆管。更换管段具体位置：A室顶棚管北数第3—12根，B室顶棚管南数第4—10根，南墙西数20—22根。

## 2.1 2006年1月6日 #4炉炉膛B侧37米处水冷壁爆管

### (3) 爆管原因：

炉膛顶棚结构个别部位差异导致局部物料浓度过高，局部磨损冲刷强度高。炉内大量的循环物料在炉内流化，并有大部分物料从锅炉后墙出烟口进入分离器构成流化床锅炉物料的外循环，一方面物料在锅炉顶棚的作用下，存在垂直方向上的折向，物料对顶棚管构成局部部位强烈冲刷磨损；

## 2.1 2006年1月6日 #4炉炉膛B侧37米处水冷壁爆管

另一方面，炉膛出烟口设计向中间部位集中，炉膛两侧悬挂管屏与炉膛出烟口轴线相差较大，靠近前墙水冷壁的大量物料在炉膛顶棚部位折向后向出烟口运动的过程当中，由于炉内布置悬挂过热吊屏的影响，流向变化，物料又存在水平方向上的折向，从而对局部水冷壁管侧壁又构成冲刷磨损。两方面的物料流动方向变化，导致了炉膛顶部部位磨损严重。

## 2.1 2006年1月6日 #4炉炉膛B侧37 米处水冷壁爆管

### (4) 检修处理措施:

将顶棚管进行测厚，减薄管段全部割除更换，A、B室顶棚管弯头部分及未更换管段加可塑料防磨。

## 2.2 2006年3月21日#3炉二过爆管

### (1) 事故现象及经过:

3月21日21:46 #3炉运行正常。主汽压力13.55MPa,主汽温度540°C,再热汽温536°C,蒸发量378t/h,给煤量45 t/h,床温930°C,床压6.9Kpa,炉膛负压20Pa,汽包水位-10mm,运行BD冷渣器。这时炉膛压力突升至3295Pa,汽包水位迅速下降至-70 mm,给水流量最大增至495 t/h。给水泵瞬间超电流,21:47手动停止A二次风机,21:48停AD给煤机,减负荷,关小减温水维持汽温。派人就地检查炉膛顶棚A侧有泄漏声,水位不能维持。

## 2.2 2006年3月21日#3炉二过爆管

### (2) 爆管位置及设备损坏情况:

A室二级过热器北数第4排第8根浇注料处防磨堆焊层爆裂，吹漏了双面水西数34根，并将相邻管子冲刷减薄。

### (3) 爆管原因:

事件发生后，公司有关工程技术人员经现场勘察分析，并经山东电力研究院化验分析，造成II级过热器管泄漏的原因为：

## 2.2 2006年3月21日#3炉二过爆管

锅炉制造厂家在II级过热器管浇筑料上部进行了防磨堆焊处理，在实施堆焊过程中焊接电流过大，母材局部过热，造成球化4—5级。防磨堆焊层与管子母材结合处，因膨胀系数不同，在长期运行中产生应力，将防磨堆焊层边缘处拉裂，泄漏后将相邻的II级过热器管壁冲刷减薄超标泄漏，然后又将对侧的双面水冷壁管屏冲刷磨损，管壁减薄超标泄漏。

## 2.2 2006年3月21日#3炉二过爆管

### (4) 检修处理措施：

- a. 更换泄漏及磨损超标的双面水冷壁及II级过热器管段，恢复鳍片。
- b. 对A侧炉膛内II级过热器根部堆焊层边缘部位进行金属监督检查，全面排查缺陷。

## 2.3 2006年12月12日#4炉二过爆管

### (1) 事故现象及经过:

12月12日，#4炉运行正常，主蒸汽压力13.32MPa，主蒸汽温度539.1℃，主蒸汽流量363t/h，给水流量329t/h，工业抽汽174t/h，总风量40nm<sup>3</sup>/h，一次风量18n m<sup>3</sup>/h，#4机负荷80MW。20时55分，运行值班人员发现炉膛压力突然由-55Pa骤升至1730Pa，给水流量不正常的大于蒸汽流量80t/h左右，就地检查发现#4炉B侧炉膛内有强烈泄漏声，判断炉内承压部件泄漏炉熄火。

## 2.3 2006年12月12日#4炉二过爆管

### (2) 爆管位置及设备损坏情况：

北数第八屏二级过热器靠近炉膛中心第一根管子泄漏。第一漏点在管屏下部，距离前墙1米处，爆口长度约20 mm，宽度约10mm；第二漏点在标高约35米高度处，爆口长度约230 mm。炉内扎脚手架至35米处，现场对爆管的整个管子宏观检查，发现在标高26米~37米范围内，管子存在大量的鼓包现象；破口附近管段存在严重的胀粗现象。

## 2.3 2006年12月12日#4炉二过爆管

### (3) 爆管原因:

公司有关工程技术人员与电力研究院专家共同分析，爆管原因为：炉膛内北数第八屏二级过热器靠近炉膛中心第一根管子（此管屏为上行屏），在穿前墙处水平管段下部的耐磨耐火材料磨损脱落，管材暴露，水平管段底部磨损超标泄漏，蒸汽从此泄漏点漏出，该管冷却蒸汽量减少，冷却效果差，长期过热，整根管蠕胀，导致第二次爆管发生。

## 2.3 2006年12月12日#4炉二过爆管

### (4) 检修处理措施:

二级过热器泄漏管蠕胀严重，对此管在炉外上下联箱处进行封口处理。对炉内二级过热器、高温再热器管屏穿水冷壁前墙处耐磨耐火材料进行全面检查修补。

## 2.4 2007年3月7日#3炉二过爆管

### (1) 事故现象及经过:

16: 18 #3炉主汽压力13.54Mpa, 电负荷80MW, 抽汽62T/H, 主汽流量303T/H, 主汽温度539°C, 炉膛压力+200Pa, 炉膛压力突然升至1200 Pa左右, 立即调整炉膛压力, 维持正常压力, 给水流量不正常大于主汽流量100t/h左右, 床温变化率-7°C/, 排烟温度上升10°C左右, 炉膛出口温度A侧低于B侧100°C左右。

## 2.4 2007年3月7日#3炉二过爆管

就地检查发现炉膛顶部A侧二过处有泄漏声，判断为受热面泄漏，加大排渣量，汇报值长、分场。值长令：减负荷停机。

16：50全停给煤机，16：54停A二次风机

17：35停A、B引风机，A二次风机，A一次风机  
17：37值长令：打闸停机

## 2.4 2007年3月7日#3炉二过爆管

(2) 爆管位置及设备损坏情况：

二级过热器A室北数第三屏第1根管爆管，A室第2屏高再第1、2根管因二过爆管造成冲刷减薄超标。

(3) 爆管原因：

二级过热器A室北数第三屏第1根管外圈管子浇注料脱落导致磨损泄漏。

## 2.4 2007年3月7日#3炉二过爆管

### (4) 检修处理措施：

对二级过热器A室北数第三屏第1根爆管进行检查，经生技部、锅炉分场现场研究整根管子严重蠕胀无法使用，对其从联箱处闷口处理；同时对二级过热器下部裂纹、脱落浇注料拆除，重新焊接销钉，敷设耐磨耐火可塑料；对A室北数第1屏下部弯头减薄处焊补处理。

## 2.4 2007年3月7日#3炉二过爆管

### 七、其他方面

- 风量元件安装一定符合要求，以免不准
- 承压管道密封板安装、焊接，防止因为膨胀拉裂管材
- 炉膛排渣口处一定圆滑，锥形阀内浇注料光滑、流畅，防止排渣困难

## 3 运行参数分析

### 3.1 受热面金属壁温分析

根据调阅历史曲线分析：爆管时，所爆管屏壁温最早在24小时前就会出现异常波动，出现不正常上升或下降。

在壁温测点前爆管，壁温会有所下降；  
在测点后爆管，壁温会有所上升

## 3 运行参数分析

### 3.2 炉膛压力分析

严重爆管时，炉膛压力升高较多，可升至3000Pa左右；有时初始爆口较小，炉膛压力升至200-600Pa，此时若不及时停炉在2小时内会出现第二次严重爆管，炉膛压力达到3000Pa以上。

## 3 运行参数分析

### 3.3 给水流量分析

炉膛正压出现后，给水流量与锅炉蒸发量差值减小。炉膛正压不大，能维持运行时，给水流量也异常升高，达到或超过了主汽流量。

## 3 运行参数分析

### 3.4 其它参数分析

- (1) 爆管后，汽包水位出现波动。水冷壁泄漏时，汽包水位下降，二过泄漏时汽包水位先上升后下降。
- (2) 锅炉主汽压力下降，主汽温、再热汽温及尾部烟道金属受热面壁温出现不同程度上升。
- (3) 一般床温无明显变化，中上层床压略有下降。

### 3 运行参数分析

- (4) 炉膛出口烟温偏差大，泄漏侧烟温明显降低。
- (5) 两侧排烟温度不同程度升高，明显异常。
- (6) 白天可观察到烟囱冒白烟的现象。

## 4 运行处理原则

1. 总结历次炉内受热面爆管情况，爆管后会出现炉膛压力突升、汽包水位波动、给水流量异常增大、排烟温度上升、烟囪冒白烟、就地泄漏处有泄漏声等典型现象，运行人员应根据这些现象及时判断是否炉内受热面泄漏，确认炉内泄漏时请示值长，立即停炉，防止漏点附近其它受热面受损。若不及时停炉，将在短时间内出现第二次爆管，使事故扩大。

## 4 运行处理原则

2、判断水冷壁泄漏时，应立即请示值长停炉，同时停止锅炉上水。否则大量汽水漏入炉内将床料打湿，造成排渣困难和浇注料受损的问题。若爆管时水位有先上升后下降的趋势，可判断为过热器泄漏，为维持汽包水位、减小汽包壁温差可适当上水，若上水流量大于100t/h,应立即汇报值长，停止上水。

## 4 运行处理原则

- 3、爆管前后泄漏管屏金属壁温会有异常变化。同相邻其它管屏相比，泄漏管屏壁温异常上升或下降，运行人员应加强监视过热器、再热器金属壁温变化情况，根据壁温异常变化做为判断炉内受热面泄漏的重要依据。

## 4 运行处理原则

- 4、锅炉运行中发现炉内受热面泄漏，应立即停运石灰石系统，防止水汽与石灰石粉、床料结合在一起产生结块或结焦。
- 5、若在排渣或冷却过程中，造成汽包上下壁温差大于 $45^{\circ}\text{C}$ 时，应停止风机运行。

# 5 炉内受热面爆管的处理措施

- 1、运行中应注意监视受热面金属壁温，发现壁温异常及时检查各运行参数，并到就地检查，提早发现泄漏情况。。

# 5 炉内受热面爆管的处理措施

2、运行中出现炉膛压力异常波动，应立即检查汽包水位、受热面金属壁温、主再热汽压力和炉膛床温及烟温的变化，注意主蒸汽和主给水流量的对比，同时安排人员就地检查，若石灰石系统未停，停止石灰石系统。

主给水流量不正常的大于主蒸汽流量，同时兼顾其它参数变化情况，可判断炉内受热面泄漏。确认炉内受热面爆管后，立即减负荷，紧急停机。水冷壁泄漏时停止锅炉上水，禁止开启省煤器再循环门。

# 5 炉内受热面爆管的处理措施

- 3、减小二次风量，停运一台二次风机。
- 4、减小一次流化风量至最低流化风量，停运一台一次风机。
- 5、根据汽压下降速度微开对空排汽门降压，降压速度不大于0.1MPa/min。
- 6、联系检修，打开事故排渣门，加强排渣。

# 5 炉内受热面爆管的处理措施

7、当汽包上下壁温差达到 $45^{\circ}\text{C}$ 时，汇报值长和有关领导，停所有动力，开启引风机出入口挡板，保持炉膛压力 $-100\sim-200\text{Pa}$ ，排出炉内蒸汽。

8、汽包压力达到 $0.5\sim 0.8\text{MPa}$ ，请示值长，进行锅炉热放水。

# 结束语

本文针对循环流化床锅炉经常出现的磨损爆管现象，在运行中总结了一些经验和结论，能够帮助运行人员及时判断和发现事故，及时进行正确处理，防止事故扩大或损坏设备。本公司循环流化床锅炉近期发生的爆管故障中，由于发现及时，采取了正确的处理手段，有效防止了炉内浇注料受损事件的发生，而且大大缩短了检修工期，至少缩短检修工期24小时以上。

祝各位领导、专家

身体健康

工作顺利

谢谢