

锅炉除焦剂使用效果分析

徐生荣

(南京师范大学 动力工程学院, 江苏 南京 210042)

[摘要] 针对锅炉结焦对其产生的不利影响, 讨论了锅炉结焦的原因, 对锅炉使用的除焦剂的除焦机理进行了描述. 通过对两台 200 MW 机组锅炉使用除焦剂后参数变化的分析, 说明使用除焦剂后, 锅炉运行稳定性得到提高, 除焦剂的实际使用效果是有效的. 认为使用除焦剂时, 配合正常的定期吹灰更为有效.

[关键词] 锅炉结焦, 除焦剂, 除焦机理, 锅炉热效率

[中图分类号] TK 227.2 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2007) 03-0044-04

Analysis of Effects in the Application of Boiler Chemical Additive

Xu Shengrong

(School of Power Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

Abstract According to slag buildup in boilers and its detriment influence, this paper discusses the reasons of slag buildup in boilers and gives a brief description in slag-cleaning mechanism for chemical additive to slag. Through analysis of parameter change for two 200 MW utility boilers, it is pointed out that the flexibility in operation is improved, and the practical results of application chemical additive to slag are reasonable. It is believed that using chemical additive with help of regular soot blower can reduce slag more effectually on boilers.

Key words slag buildup, chemical additive, slag-cleaning mechanism, boiler efficiency

0 引言

我国电站锅炉和大部分工业锅炉基本上以燃煤为主, 锅炉用煤普遍存在质量偏劣、燃烧时易造成受热面的结焦、积灰和腐蚀等问题. 当锅炉结焦和积灰后, 会使锅炉蒸发量降低, 排烟温度和烟气阻力上升, 不但使燃烧工况恶化, 降低锅炉热效率, 而且造成局部水循环故障, 甚至使部分管壁过热烧坏而被迫停炉. 因此锅炉结焦(渣)的危害很大, 严重影响锅炉的安全、经济运行. 正确合理地使用锅炉除焦剂可预防锅炉结焦, 同时也在一定程度上也提高了锅炉的热效率.

1 锅炉结焦原因分析

受热面上的灰污染按其粘结强度可分为松散性积灰和粘结性积灰(包括结焦). 松散性灰污的产生仅是一个物理过程. 从技术角度出发, 松散性灰污有时无法避免, 且只要保证适当的受热面结构设计尺寸, 组织好燃烧工况和保持足够的气流能量, 并在必要时配合正常的定期吹灰等, 即可将灰污染程度控制在合理的范围内. 而对同时具有物理化学两种作用的粘结性灰污(这种现象发生在锅炉的高温部分, 例如炉膛称之为结焦), 由于灰污层强度高, 物理方法难以清除, 且具有无限生长的特性, 带来的危害性更大.

运行中影响锅炉粘结性灰污(结焦)的因素是多方面的、复杂的, 主要有以下几点:

1.1 煤灰成分及特性

燃料中灰分含量高, 灰熔点低, 是锅炉易结焦的原因之一. 对煤种及燃烧方式的选择, 应尽量选择与设计煤种相符的煤种, 当燃煤为低灰熔点时, 应与灰熔点高的煤混烧.

收稿日期: 2007-03-28

基金项目: 江苏省自然科学基金(BK2002026)资助项目.

作者简介: 徐生荣(1957-), 副教授, 主要从事锅炉测试、调试等方面的教学与研究. E-mail: xushengrong@njnu.edu.cn

结焦是否产生还取决于燃煤的矿物质特性。处于锅炉燃烧中心 (温度达 $1450\sim 1650^{\circ}\text{C}$) 的粉煤灰可能已全部熔化或表面熔化。在正常情况下, 熔渣离开燃烧中心碰到受热面以前应当已冷却成固体状态, 这样与受热面碰撞后仍被烟气带走, 只会引起磨损, 不致酿成结焦。若熔渣在与受热面撞击时, 仍保持熔化状态, 则粘附在管壁上, 形成结焦。造成锅炉结焦的主要原因是灰份的成份及其熔点。煤灰中所含的 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 等各自有不同的熔点。一般来说, SiO_2 、 Al_2O_3 的含量高时, 煤灰熔点也高; 铁和碱金属的氧化物多时, 煤灰熔点较低; 具有助熔作用的 CaO 以及燃料中黄铁矿 (FeS) 等多时, 会使煤灰熔点下降; 当它们作为混合物晶体存在时, 又会使煤灰熔点改变。如果灰渣中形成三元共晶体 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{SiO}_2$, 则熔点只有 $1000\sim 1100^{\circ}\text{C}$; 形成二元共晶体 $\text{CaO} \cdot \text{FeO} + \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 熔点为 1200°C 。

1.2 锅炉设计方面的影响

在设计锅炉时, 基本上是以煤种成分来确定锅炉的有关参数。参数的取值大小, 对锅炉是否结焦影响很大。当炉膛容积热负荷过高, 说明炉膛容积小, 水冷壁受热面面积布置少, 炉内火焰温度高, 往往容易造成结焦。因此保持合适的炉膛热负荷, 严格控制锅炉超负荷运行对防止锅炉结焦具有一定的作用。

1.3 运行操作方面的管理及影响

锅炉在燃烧时, 燃用煤种与设计煤种的相差过大, 锅炉负荷过高或过低, 煤粉细度变粗、均匀度下降, 一、二次风速与风量配合不适当, 往往造成燃烧器出口结焦或烧坏; 吹灰、除焦不及时也是锅炉结焦原因之一。因此应正确控制一、二次风与粉比例, 使燃料能稳定地着火和良好地燃烧, 维持适当的火焰中心位置, 煤粉气流在进入对流受热面以前应当燃尽, 并冷却至一定温度, 对防止或减轻锅炉结焦具有一定的作用。

2 锅炉除焦剂的除焦机理

添加化学药品可改变矿物质在炉内的反应历程, 从而改变其灰污特性。从 30 年代开始有人研究并采用化学添加剂清除锅炉受热面上的积灰。60 年代, 以铜为主要成分的添加剂开始用于解决炉膛结焦, 并已开发成产品在一些国家应用。80 年代我国的除焦剂 (清灰剂) 问世, 综合起来主要有两大类: 氧化型和盐型, 现已广泛用于清除锅炉受热面上的灰污。

“速特威” 2633 锅炉除焦剂属于盐型除焦剂, 其工作原理是提高焦层共熔物的熔点, 使之二次燃烧。在 400°C 的温度下, 会与焦层中的有机物发生自燃。在 700°C 的温度时, 在气流的作用下, 与焦层中的炭沫、硫磺和其它可燃物质碰撞、摩擦会发生燃烧和微爆现象, 使焦层松化。除焦剂在深入焦层内部过程中, 改变焦层的晶格, 使焦层的晶体由坚硬的钠长石和钙长石, 改变为疏松的石英和莫来石等。

对于锅炉结焦, 除焦剂虽不能防止其产生, 但能改变其结焦强度, 此时配合气流的物理作用就能达到除焦的目的。因此在使用除焦剂时, 配合正常的定期吹灰, 效果更为明显。

3 除焦剂使用案例

某发电厂 #11、#12 炉系北京巴威公司生产的 $\text{B}\&\text{W}-670/13.7-\text{M}$ 型超高压、中间再热、自然循环锅炉, 分别于 1990 年、1991 年建成投产。上述两台锅炉受热面结焦严重, 对机组安全、经济运行造成很大的不利影响。为此, 2005 年度使用速特威 (STW) - 2633 液体除焦剂对 #11、#12 炉进行除焦。

3.1 除焦的必要性

锅炉结焦严重, 随之而来的是频繁落焦问题。落焦对锅炉燃烧产生很大的扰动, 造成锅炉燃烧不稳, 甚至造成锅炉熄火、机组跳闸, 严重影响机组安全运行。2004 年以来, 因炉膛落焦 #11、#12 锅炉发生数次熄火事故。由于结焦严重, 锅炉受热面传热效果受到很大影响。一方面, 造成二级过热器区域烟气温度偏高, 受热面管束易超温而缩短使用寿命, 同时使锅炉减温水耗量增大, 降低机组效率; 另一方面, 造成锅炉排烟温度严重偏高。排烟设计值为 140°C , 而实际运行中, 排烟温度高达 $160\sim 170^{\circ}\text{C}$, 比设计值高 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$, 从而使锅炉排烟热损失增大, 严重影响机组经济运行。

锅炉熄火造成机组跳闸, 将对电网造成较大冲击, 影响到社会效益。机组效率降低造成发电煤耗上升, 意味着能源消耗上升, 烟气、灰、渣排放量上升, 对资源及环境保护造成不利影响。此外, 机组跳闸后恢复过程中须投用助燃油 (#0 柴油), 也会加大资源消耗。

3.2 速特威 - 2633除焦剂除焦原理及特点

“速特威” - 2633 锅炉除焦剂为液态化学制品 (硝酸盐水溶剂), 呈淡蓝色, PH 值 4~ 6. 1, 无毒、无味、无爆炸危险, 对人体无危害, 对环境无污染. 其除焦机理和过程为: 除焦剂通过喷药设备由看火孔喷入炉膛, 在炉膛内迅速汽化, 随后在随烟气气流通过炉膛、过热器、再热器的同时, 与受热面的结焦发生化学反应, 改变焦块 (灰渣) 原有坚硬的钠长石和钙长石的晶体结构, 使其变为疏松的莫来石和石英, 随后在气流的作用下 (包括正常的定期吹灰) 脱落, 从而达到除焦的目的. 实践证明其除焦范围大、效果好. 喷药过程中不会对锅炉燃烧产生任何不良影响. 同时, 在气体排放中也不会对环境产生不利影响.

3.3 除焦剂使用效果

3.3.1 排烟温度变化

由于使用除焦剂减轻和清除锅炉受热面的结焦和高温积灰, 强化了锅炉传热, 因而降低了锅炉的排烟温度. 根据锅炉的 DCS 数据统计分析, 使用除焦剂的 2005 年锅炉排烟温度较 2004 年平均下降 13℃, 考虑到环境温度 2005 年较 2004 年同期低, 经折算, 在相同环境温度的条件下, 2005 年排烟温度较 2004 年降低约 12℃. 一般来说, 锅炉排烟温度每降低 10~ 15℃, 锅炉效率可提高约 1%, 故可认为锅炉热效率提高 1% 左右. 如图 1 所示.

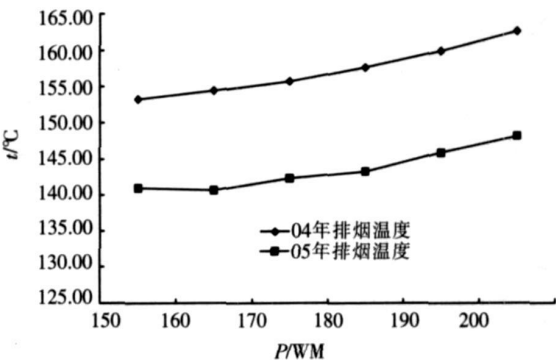


图 1 #11、12 锅炉使用除焦剂前后排烟温度变化

Fig.1 Change of stack gas temperature after using chemical additive

3.3.2 减温水流量变化

使用除焦剂以后, # 11 炉、# 12 炉过热器减温水流量均发生明显下降, 如表 1 所示.

表 1 # 11 # 12 炉过热器减温水流量变化数据

Table 1 Change of spray water quantity of number 11 and 12 boiler (t/h)

负荷 MW	2005年上半年		2006年上半年		减温水流量变化	
	# 11 炉减温水流量	# 12 炉减温水流量	# 11 炉减温水流量	# 12 炉减温水流量	# 11 炉	# 12 炉
160~ 170	39.54	69.22	34.90	54.18	4.64	15.04
170~ 180	45.93	73.14	37.82	62.70	8.11	10.44
180~ 190	51.97	74.49	41.06	66.88	10.9	7.61
190~ 200	57.60	75.20	44.20	69.00	13.4	5.4
200+	65.03	76.10	47.88	73.1	17.19	3.01

由表 1 可以看出:

(1) # 11 炉过热器减温水流量比 # 12 炉小, 这与锅炉设备状况有关.

(2) 随锅炉负荷增加, 过热器减温水流量增加, 这符合 # 11 炉、# 12 锅炉过热器减水流量变化规律.

(3) 使用除焦剂以后, # 11 炉过热器减温水流量的下降幅度随锅炉负荷增加而明显增加; # 12 炉过热器减温水流量的下降幅度随锅炉负荷减少而明显增加, 这与机组的系统特点有关.

(4) 使用除焦剂以后, 两台锅炉过热器减温水流量均降低, 说明炉膛除焦效果明显, 使其吸热量增加.

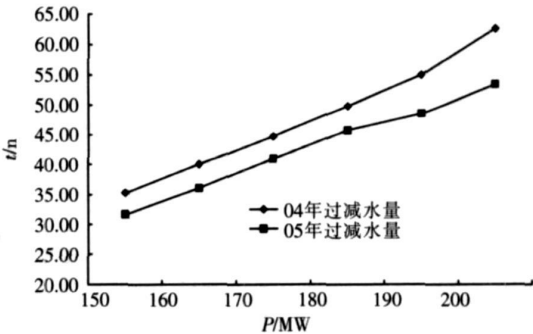


图 2 #11 炉使用除焦剂前后过热器减温水流量变化

Fig.2 Change of spray water quantity after using chemical additive

图 2 为 # 11 炉使用除焦剂前后过热器减温水流量变化规律, 由图可知使用除焦剂后过热器减温水流量在任何负荷下都有一定程度的下降, 这使得机组的安全性和经济性都有一定程度的提高.

3.3.3 二级过热器出口烟温变化

使用除焦剂以后, #11炉、#12炉二级过热器出口烟温变化见图3由图3可知:

(1)使用除焦剂以后, #11炉、#12炉二级过热器出口烟温逐月总体呈下降趋势.

(2)无论在任何负荷范围, 使用除焦剂后, #11、#12炉二级过热器出口烟温降低 30~40℃左右.

(3)二级过热器出口烟温下降, 说明二级过热器管组及之前受热面(炉膛、屏过)的吸热量增加, 显然, 受热面结焦不断减少是导致这一变化的主要原因.

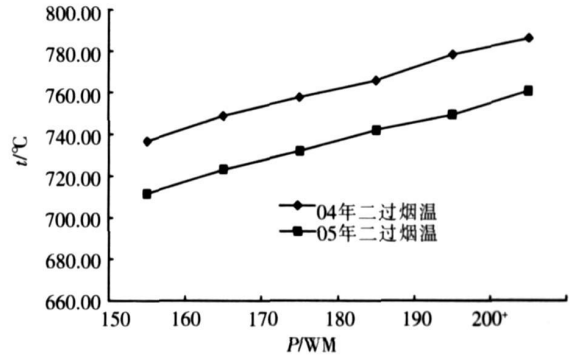


图3 使用除焦剂前后二级过热器出口烟温变化

Fig.3 Change of gas temperature behind the second desuperheater after using chemical additive

3.3.4 提高锅炉燃烧稳定性、保证锅炉安全运行

锅炉使用除焦剂 3~4 个月后, 锅炉结焦程度大为减轻, 基本看不到大的焦块, 从而有效地避免了因落焦造成的锅炉灭火事故的发生, 有力地保证了机组安全、可靠运行, 而锅炉每次熄火可造成直接经济损失约 20 万元.

3.3.5 其它效益

在使用除焦剂后, 炉膛结焦减少, 水冷壁吸热增多, 炉膛出口烟气温度合理(不致过高), 可有效防止过热器受热面超温.

锅炉除焦后, 机组运行可靠性提高, 机组跳闸次数下降, 有力地保证电网的稳定, 产生良好的社会效益.

使用除焦剂后, 去除了锅炉受热面结焦, 检修期间可免除除焦工作, 降低了工人的劳动强度.

4 结论

两台锅炉使用除焦剂后效果明显, 主要表现为锅炉排烟温度、过热器减温水流量、二级过热器出口烟温等参数开始降低, 说明除焦剂对该公司的锅炉有较为理想的除焦效果.

[参考文献] (References)

- [1] 岑可法, 樊建人, 池作和, 等. 锅炉和热交换器的积灰、结渣、磨损和腐蚀的防止原理和计算[M]. 北京: 科学出版社, 1994 1-5, 267-269.
Cen Kefa, Fan Jianren, Chi Zuohe, et al. Theory and Calculation for Boiler and Exchanger in Deposition Slag Wear and Corrode [M]. Beijing: Science Press, 1994 1-5, 267-269 (in Chinese)
- [2] 撒应禄. 锅炉受热面外部过程[M]. 北京: 水利电力出版社, 1994 45-56.
Sa Yinlu. The Process of Heater Surface of Boiler[M]. Beijing: China Waterpower Press, 1994 45-56 (in Chinese)
- [3] 李保庆, 陈鸿伟, 徐生荣. 清灰剂清灰机理研究[J]. 华北电力学院学报, 1996, 23(1): 39-44.
Li Baoqing, Chen Hongwei, Xu Shengrong. A study on mechanism of remove fouling on boiler heater surface by chemical additive[J]. Journal of North China of Electric Power, 1996, 23(1): 39-43 (in Chinese)
- [4] 撒应禄, 张军. 锅炉结渣机理研究[J]. 锅炉技术, 1987(4): 4-11.
Sa Yinlu, Zhang Jun. A study on mechanism of boiler slag buildup[J]. Boiler Technology, 1987(4): 4-11 (in Chinese)
- [5] 林宗虎, 徐通模. 实用锅炉手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1999 89-98.
Lin Zonghu, Xu Tongmo. Practical Handbook of Boiler[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1999 89-98 (in Chinese)
- [6] 冯俊恺, 沈幼庭. 锅炉原理及计算[M]. 北京: 科学出版社, 2004 301-303.
Feng Junkai, Shen Youting. Theory and Calculation for Boiler[M]. Beijing: Science Press, 2004 301-303 (in Chinese)
- [7] Raask E E. Mineral Impurities in Coal Combustion[M]. New York: Hemisphere Press, 1985 18-25.

[责任编辑: 刘健]