

炉内配风方式对锅炉经济性的影响

吴东垠¹ 魏小林² 盛宏至² 徐永香² 李华民³

(1. 天津大学内燃机燃烧学国家重点实验室, 天津 300072;
2. 中国科学院力学研究所, 北京 100080; 3. 华能天津杨柳青发电厂, 天津 300380)

摘 要 本文以炉内配风方式对锅炉经济性的影响为研究对象。当机组负荷为 300 MW 时, 省煤器出口的最佳氧量为 3.4% 左右; 当机组负荷为 225 MW 时, 省煤器出口的最佳氧量为 4.6% 左右; 就二次风的组合方式而言, 在高温区保持适宜的氧气浓度, 可以提高反应速度, 保证煤粉颗粒的燃尽, 提高锅炉的经济性, 而燃尽风的风门开度选择主要考虑降低锅炉的气体排放物(主要是 NO_x), 对炉内燃烧效果影响不大。

关键词 锅炉; 总风量; 二次风; 经济性

中图分类号: TK227.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-231X(2005)01-0163-04

INFLUENCE OF AIR DISTRIBUTION IN THE FURNACE ON ECONOMICAL OPERATION OF THE BOILER

WU Dong-Yin¹ WEI Xiao-Lin² SHENG Hong-Zhi² XU Yong-Xiang² LI Hua-Min³

(1. Tianjin University, State Key Laboratory of Engines, Tianjin 300072, China;
2. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China;
3. Huaneng Yangliuqing Thermal Power Plant, Tianjin 300380, China)

Abstract The influence of air distribution in the furnace on economical operation of the boiler is investigated. For 300 MWe electrical load, the optimal O₂ concentration is 3.4% at outlet of economizer, and for 225 MWe electrical load, the optimal O₂ concentration is 4.6%. From the view of assembled way of secondary airs, the optimal O₂ concentration maintained in the high temperature zone can enhance the char reactive rate and improve the burnout of coal particle as well as the economical operation of the boiler. The selection of opening degree of the burnout air value is concerned to decrease the pollutant emission (mainly for NO_x), which only has less influence on the combustion efficiency in the furnace.

Key words boiler; total air rate; secondary air; economical operation

1 前 言

我国是缺油的国家, 而煤炭的贮量相对比较丰富, 以煤电为主的格局在我国今后相当长的一段时间内不会改变, 其实, 国际上将劣质燃料用于燃烧发电是通用做法。

随着国民经济的发展, 用电量不断上升, 大量燃煤锅炉的经济性对整个国家能源消耗的影响举足轻重, 炉内配风方式对锅炉经济性和气体排放物(主要是 NO_x)均具有显著的影响。限于篇幅, 本文以炉内配风方式对锅炉经济性的影响为研究对象。

2 设备简介

某锅炉设计蒸发量为 950 t/h, 亚临界压力, 设

计效率为 91.54%、设计排烟温度 125 °C。锅炉为双炉膛四角切圆燃烧方式, 每个炉膛设有 4 层直流煤粉燃烧器, 5 层二次风喷嘴, 煤粉喷燃器与二次风喷嘴相间布置, 形成均等配风, 每个角燃烧器自下至上依次排列为: 二次风、一次风、二次风、一次风、二次风、一次风、二次风、一次风、二次风、下层燃尽风和上层燃尽风, 共 11 层。

3 试验方法

燃烧优化调整试验主要依据国家标准《电站锅炉性能试验规则》(GB10184-88) 进行, 测量项目主要包括烟气温度、烟气成份、原煤取样、飞灰取样、炉底大渣取样和大气条件等, 测量方法见文献 [1]。

收稿日期: 2004-01-13; 修订日期: 2004-11-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 50376068)

作者简介: 吴东垠 (1966-), 男, 内蒙赤峰人, 博士后, 主要从事电站锅炉的运行和诊断及液体燃料的燃烧等工作。

4 试验内容

结合现场实际情况, 试验分五部分, 共 23 个试验工况:

4.1 习惯运行方式试验

为了掌握锅炉的运行状况, 发现目前运行方式存在的问题, 以便进行针对性的调整试验, 首先进行习惯运行方式试验, 即机组的所有运行参数不做任何调整, 完全按照当值运行人员习惯设置的参数进行试验, 相应工况的编号为 N1。

4.2 机组负荷试验

机组负荷分别稳定在 300 MW、270 MW、225 MW、180 MW 和 120 MW 左右, 相应工况的编号为 N2、N3、N4、N5 和 N23。

4.3 省煤器出口氧量试验

机组负荷为 300 MW, 省煤器出口氧量分别为 2.6%、3.4%、3.5%、4.3%、4.6%、5.2% 和 5.4% 左右, 相应工况的编号为 N6、N2、N7、N8、N9、N10 和 N11。

机组负荷为 225 MW, 省煤器出口氧量分别为 3.4%、4.1%、4.5%、5.4% 和 5.7% 左右, 相应工况的编号为 N4、N12、N13、N14 和 N15。

4.4 二次风配风方式试验

机组负荷为 300 MW, 改变二次风的风门开度组合, 计 4 种组合, 相应工况的编号为 N16、N17、N18 和 N19。

4.5 改变燃尽风流量试验

机组负荷为 300 MW, 改变燃尽风的流量, 计 3 种组合, 相应工况的编号为 N20、N21 和 N22。

在上述试验过程中, 除特意说明外, 其它参数均按习惯工况运行, 并由电厂 DCS 记录, 所涉及的运行表计在试验前已经过专门校验。

5 试验结果及分析

5.1 习惯运行方式试验

习惯运行方式的试验数据如表 1 所示, 值得说明的是表 1 所列的省煤器出口氧量、飞灰可燃物和排烟温度等均为两侧烟道的平均值, 各项热损失和锅炉效率已修正到设计值, 其中锅炉效率的计算采用反平衡法, 主要损失除了排烟热损失和未完全燃烧损失之外, 还包括散热损失等^[2]。在本文的试验范围内, 散热损失等的波动不大, 因此主要分析排烟热损失和未完全燃烧损失对锅炉的经济性(以下各值处理方法均相同, 不再特殊说明)的影响, 从表 1 可以看出排烟热损失较高, 达到 7.15%, 主要原因有两方面:

- (1) 省煤器出口氧量偏高, 烟气量大;
- (2) 炉内配风方式不合理, 燃烧室下部缺风, 火焰中心上移, 排烟温度高达 157°C, 比设计值高 32°C, 因而排烟热焓较高, 致使锅炉效率为 91.24%, 比设计值低 0.3%。

表 1 习惯运行方式的试验数据

参数	单位	数值
省煤器出口氧量	%	3.8
飞灰可燃物	%	1.85
炉渣可燃物	%	2.72
排烟温度	°C	157.0
排烟热损失	%	7.15
未完全燃烧损失	%	0.96
锅炉效率	%	91.24

众所周知, 排烟热损失和未完全燃烧热损失之间具有此消彼长的依存关系, 要进一步提高锅炉效率, 就要寻找二者的平衡点, 设法使两者的热损失之和最低, 基于此种考虑进行了如下几个方面的试验。

5.2 机组负荷试验

当机组负荷改变时, 锅炉有关热损失结果如图 1 所示, 从中可以看出: 随着机组负荷的升高, 排烟热损失和未完全燃烧热损失均随之降低, 锅炉效率则随之增加, 其原因简单明了, 此处不再赘述。

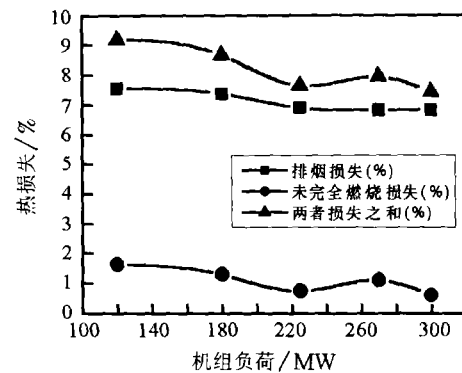


图 1 锅炉热损失

5.3 省煤器出口氧量试验

图 2 和图 3 为机组负荷为 300 MW 和 225 MW 时, 改变省煤器出口氧量时的锅炉热损失。

省煤器出口氧量是用来衡量炉内总风量大小的参数, 此处以省煤器出口氧量为依据分析炉内总风量对锅炉经济性的影响, 如图 2 所示, 当机组负荷为 300 MW 时, 当省煤器出口氧量从 2.6% 增长到 3.4%, 排烟热损失随之减少, 未完全燃烧热损失也随之减少, 锅炉效率增加; 当省煤器出口氧量进一步

增长, 虽然未完全燃烧热损失随之减少, 但是, 烟气体量增大, 排烟损失也大, 锅炉效率又开始降低, 当省煤器出口氧量为 5.2% 左右时, 由于炉内过量空气系数偏高, 燃烧温度降低, 未完全燃烧热损失增大, 达到 1.19%, 锅炉效率较低, 此时送风机电耗也高, 则锅炉运行的经济性将进一步降低。因此, 机组负荷为 300 MW 时, 省煤器的最佳出口氧量为 3.4% 左右。同理由图 3 可知, 当机组负荷为 225 MW 时, 省煤器出口的最佳氧量为 4.6% 左右。

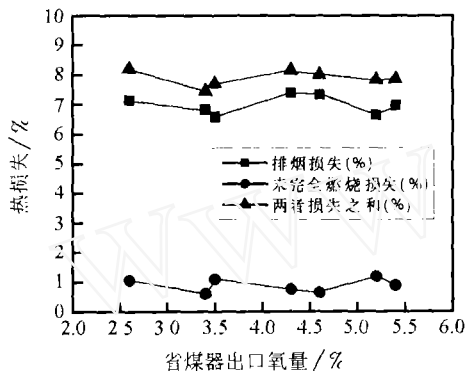


图 2 锅炉的热损失 (300 MW)

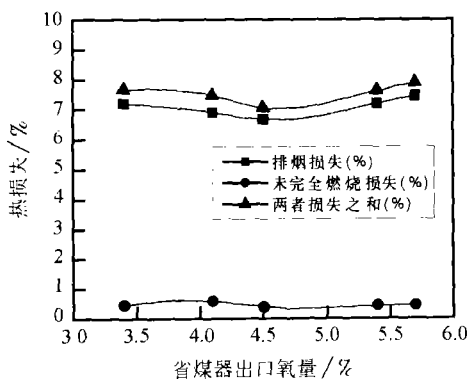


图 3 锅炉的热损失 (225 MW)

在锅炉运行过程中, 首先要确定适宜的炉内总风量, 然后优化配风方式, 以下将以二次风的配风方式和燃尽风的开度为研究对象, 前提是炉内总风量相同。

5.4 二次风配风方式试验

不同的二次风小风门的开度组合, 可以改变炉内空气动力场及沿炉膛高度方向的风粉配比, 一方面可以调整炉内火焰中心高度, 影响排烟温度、飞灰和炉渣可燃物等, 直接关系到锅炉的经济性, 另一方面还会影响 NO_x 的排放^[3]。为了优化二次风配风方式, 选择了 4 种不同的二次风小风门开度组合进行试验, 各试验工况的风门开度如表 2 所示:

层号	1	3	5	7	9	10	11	工况号
风门	80	60	40	60	80	20	50	N16
开度	80	80	60	60	40	20	50	N17
(%)	40	60	60	80	80	20	50	N18
	70	70	70	70	70	20	50	N19

图 4 为在不同的二次风小风门开度组合时, 相应的热损失示意图。从中可以看出工况 N16 和 N17 比工况 N18 和 N19 的锅炉效率要高, 如表 2 所示, 4 个工况的燃尽风相同, 工况 N16 和 N17 的下层燃烧器的通风量相对较大, 而工况 N18 和 N19 的上层燃烧器的通风量相对较大。在炉内总风量确定的前提下, 煤粉颗粒在高温区的停留时间本来就非常短暂, 在燃料的富燃极限内, 提高氧气的浓度有利于提高氧气和煤粉颗粒的反应速度, 在燃烧初期炉内保持足够的风量, 防止火焰中心上移, 保证煤粉颗粒在高温区基本燃尽^[4], 而在燃尽区由于环境温度低, 即使提高氧气的浓度, 煤粉燃尽也比较困难。工况 N16 和 N17 恰好在炉内高温区供给了大量的氧气, 煤粉颗粒在高温区已基本燃尽, 而工况 N18 和 N19 的煤粉颗粒在高温区处于缺氧状态, 煤粉颗粒的燃烧速度较低, 较大份额的煤粉尚未来得及燃尽就到达燃尽区, 虽然在燃尽区补充了足够的风, 但煤粉颗粒在燃尽区的停留时间更短, 加之该区域燃烧温度较低, 未燃尽的煤粉在燃尽区也不能完全燃尽, 所以飞灰可燃物偏高, 另外由于炉内下层风量不足, 炉渣可燃物也高, 从取样分析来看, 工况 N16 和 N17 的炉渣可燃物分别为 2.70% 和 2.37%, 工况 N18 和 N19 的炉渣可燃物分别为 4.95% 和 3.15%, 二次风的组合方式对锅炉效率的影响主要体现在未完全燃烧损失上, 对排烟损失的影响却较小, 在以上四个试验工况中, 未完全燃烧损失的最大相对差值为 28.6%, 而排烟损失的最大相对差值仅为 3.2%。因此, 工况 N18 和 N19 的配风方式时的未完全燃烧损失较高,

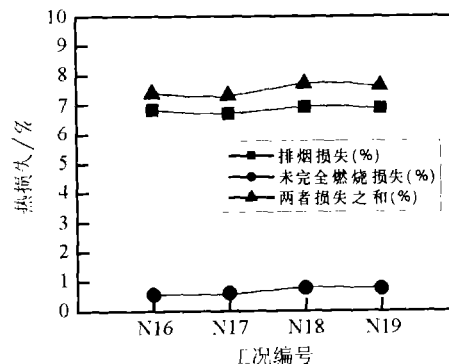


图 4 二次风配风方式试验

锅炉效率较低。本文推荐二次风配风方式采用上述的工况 N16 和 N17 的形式。

当然, 燃尽风对锅炉燃烧的经济性可能亦有一定的影响, 有关这部分内容在下文将深入分析。

5.5 改变燃尽风流量试验

在二次风配风方式试验中, 上两层燃尽风门的开度均为 20% 和 50%, 即燃尽风的流量不变, 下面将进行改变燃尽风门开度的试验以分析燃尽风流量变化对锅炉经济性的影响。表 3 为上两层燃尽风门的开度组合, 其中二次风门的开度保持不变。图 5 为相应工况的热损失。

表 3 各试验工况的风门开度

层号	1	3	5	7	9	10	11	工况号
风门	80	80	60	60	40	20	50	N20
开度	80	80	60	60	40	50	50	N21
(%)	80	80	60	60	40	20	20	N22

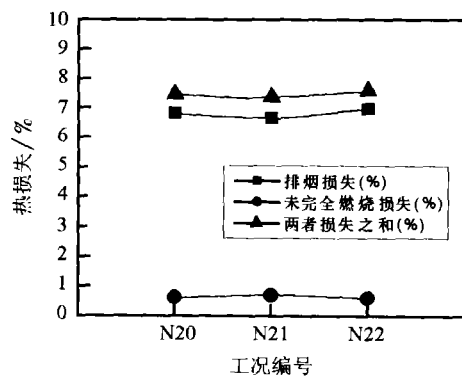


图 5 改变燃尽风试验

由图 5 可见, 当燃尽风门开度变化时, 排烟损失、未完全燃烧损失和锅炉效率有所变化, 但不明显, 即燃尽风的流量变化对锅炉的经济性影响不大, 可见, 在锅炉的总风量确定的前提下, 还是二次风对锅炉的经济性影响大, 此结果也支持了前述二次风

配风方式试验。该燃烧器具有低 NO_x 特性, 其特征之一就是在燃烧器顶层布置了两层燃尽风, 设置燃尽风的主要目的是为了降低 NO_x 的排放, 对锅炉的经济性影响不大, 因此, 选择燃尽风门的开度时, 应该主要考虑 NO_x 的排放特性。有关这部分内容宜另文讨论之。

6 结 论

本文研究某燃煤锅炉炉内配风方式对锅炉经济性的影响, 其结论如下:

(1) 当机组负荷为 300 MW 时, 省煤器的出口氧量为 3.4% 左右; 当机组负荷为 225 MW 时, 省煤器出口氧量为 4.6% 左右, 锅炉经济性较好。

(2) 保证煤粉在炉内高温区的燃尽效果是提高锅炉效率的关键所在, 二次风配风方式宜采用在底部燃烧器加大风量, 防止在炉内高温区内缺风。

(3) 燃尽风对排烟损失、未完全燃烧损失和锅炉效率影响不太明显, 燃尽风门的开度主要考虑 NO_x 的排放, 有关内容宜另文讨论之。

(4) 原习惯工况满负荷的锅炉效率为 91.24%, 比设计值 91.54% 低 0.3%, 采用上述控制参数运行, 在满负荷时, 锅炉效率达到 91.97%, 而且风机电耗降低, 经济效益比较明显。

(5) 确定炉内配风的优化运行方式, 要兼顾锅炉的经济性和排放特性, 有关这方面的内容还有待于深入。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国国家标准. 电站锅炉性能试验规程. GB10184-88, 1988
- [2] 吴东垠, 冯志红, 崔江敏等. 410 t/h 燃煤锅炉的优化燃烧试验. 锅炉制造, 2002, 24(4): 6-9
- [3] 吴东垠. 切向燃烧锅炉水平烟道烟温偏差的起因及改进措施. 电站系统工程, 1997, 13(4): 34-36
- [4] 许传凯, 袁颖. 大型燃煤电厂锅炉运行现状分析. 中国电力, 2003, 36(1): 1-5