

生物质振动炉排锅炉炉膛压力温度周期性波动的原因及影响

史辉¹，郝莉²

(1.保定电力职业技术学院，河保定071051；2.中国纺织经济研究中心，北京100742)

摘要：生物质能源作为可再生能源的重要组成部分受到广泛重视，振动炉排可以自动播料、均料，有利于生物质燃料的干燥、着火、燃烧，是一种比较理想的生物质燃烧方式。为了发展生物质大型直燃发电，我国已经重点引进了丹麦水冷振动炉排燃烧技术，但在运行发现，炉排的振动造成了炉膛的压力和温度发生周期性的大幅波动，锅炉的自动化控制要求比较高。为了更好地对水冷振动炉排进行控制，重点分析了炉膛压力和炉膛温度随炉排振动而剧烈波动的原因。

生物质大型直燃发电是生物质能源利用的重要形式，生物质振动炉排锅炉采用水冷振动炉排进行给料和匀料，运行时炉排以振动方式周期性地加入燃料和排出灰渣，燃料在炉排上由于振动而被抛起，边燃烧边跳跃前进，炉渣由炉排末端排入渣池^[1]

。振动炉排炉的炉排

活动部件少，与相同参数的链条炉相比炉

排炉的金属耗量可以减少33%以上^[2]

；特别是振动炉排能够利用自动匀料、拨火改善预燃烧的效果，对于保证水分含量相对较高的生物质燃料能够充分燃烧有重要意义。

振动炉排锅炉采用

高温高压参数，其热效率高达96%，比同规

模的中温中压锅炉高8个百分点^[3]

。经过国外多年实践，目前振动炉排高温高压锅炉的生物质直燃发电技术已经比较成熟，并被联合国列为全球推广的项目，我国近年来引进的生物质直燃发电项目主要就是水冷振动炉排技术及设备，目前已经有13个电厂采用该技术，有关项目相继投产发电。

在锅炉运行过程中，炉排的周期性振动导致炉膛负压和炉膛温度出现周期性波动，给锅炉的自动化控制带来了周期性扰动，增加了控制难度。本文将结合某大型直燃生物质能电厂12MW机组配套的48t/h高温高压水冷振动炉排锅炉的运行实践，讨论这种运行参数周期性波动的原因以及对机组控制产生的影响。

1炉膛负压的周期性波动

某大型直燃生物质能电厂锅炉在运行期间，送、引风机都处于定速运行情况，各个风门挡板都在固定位置。运行人员通过手动控制将炉膛负压维持在-200Pa左右。炉排每隔200s振动一次，每次振动20s。该锅炉运行中发现炉膛负压随炉排振动发生波动，波动情况见图1。

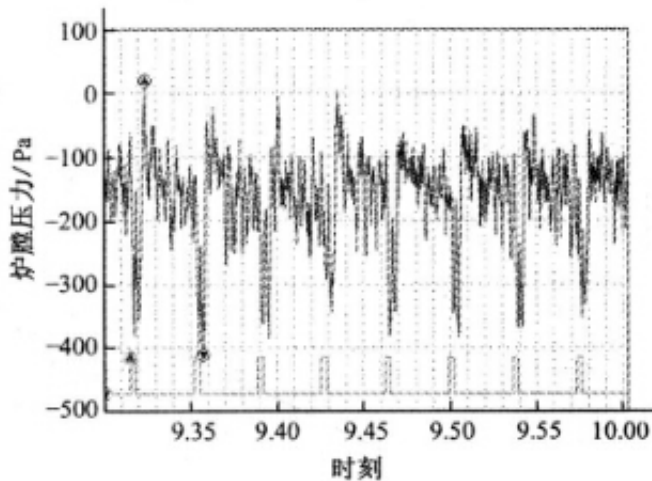


图1 炉膛负压随炉排振动的波动

从图中可以看到，炉膛负压以运行设定值的负200Pa为平衡点上下波动，炉膛压力最高正50Pa最低负400Pa，波动的周期在3.67min左右，和炉排振动的周期相吻合，波动过程中还夹带着不规则脉动。对于低负压运行的锅炉来说，炉膛的压力在-400~50Pa之间波动范围很大，振动引起炉压的剧烈变化，控制系统很难及时反应。

分析表明，炉膛负压剧烈变化原因主要来自炉排的风阻下降和燃料快速分解释放气体带来的增压。运行中炉排上的燃料和灰渣形成的阻力会影响炉排风的流量，炉排振动导致的炉排风阻变化会使炉排风的风量分配失去平衡。

在炉排振动的间歇阶段，燃料和灰渣陆续下降沉积在炉排表面，导致炉排风的风阻不断增大流量很快小于正常水平，风压只能在风室累积导致炉膛负压增加，在引风量基本不变的情况下炉膛负压可以上升到-350Pa左右。炉排开始振动后，炉排上的燃料受力翻滚、炉渣落入渣池，因此炉排的风阻迅速减小，间歇期在风室中形成的高压瞬间得到释放，炉排风流量急剧增大并导致炉膛负压下降；另一方面随着炉排的振动，生物质燃料被炉排风吹入炉膛，在炉膛内呈悬浮状态快速受热分解，由于生物质燃料的挥发分含量高(普遍在70%左右)^[4]

，受热后极易从燃料中析出分解为小分子气体；大量可燃气体的释放进一步降低了炉膛的负压。这样在两方面影响的同时作用下，炉排振动后炉膛负压可以迅速下降到-50Pa左右。

2炉膛温度的周期性波动

与炉膛负压的波动情况类似，生物质振动炉排锅炉的炉膛温度也随着炉排振动发生周期性波动，某大型直燃生物质能电厂锅炉的炉膛温度波动情况如图2所示。由图可知炉膛温度在800℃附近波动，温度最低为600℃最高为1000℃，波动的周期3.67min，与炉排振动周期相同。从图中还可以看到在炉排振动前后温度波动比较剧烈，与炉膛压力相似。

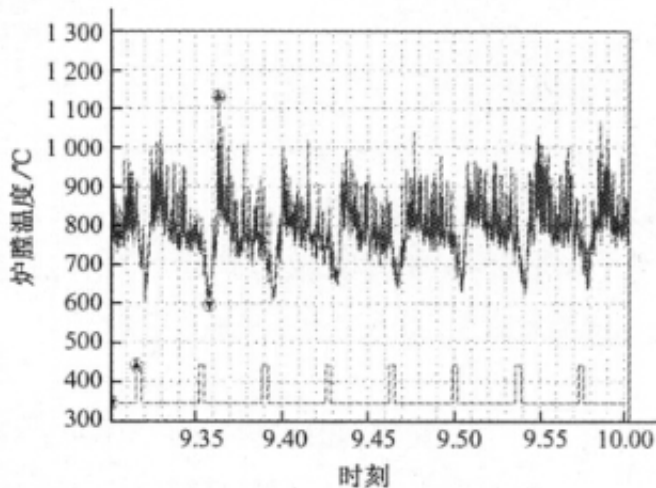


图2 炉膛温度随炉排振动的波动

炉膛温度剧烈波动的原因, 主要是因为炉排的振动影响了炉膛内燃烧传热过程, 包括火焰中心位置、烟气成分等^[5]。通常炉膛出口温度可以很好反映炉膛的温度, 因此本文把炉膛出口温度作为分析对象, 对炉排振动与炉膛温度的关系做进一步分析。

火焰中心位置影响到炉膛及其出口温度, 炉膛出口烟气温度与火焰中心位置有下列关系^[6]:

$$T_1 = \frac{T_a}{1 + M\left(\frac{T_a^3}{Bc}\right)} \quad (1)$$

式中: T_1 为炉膛的出口烟气温度, °C; T_a 为绝热燃烧的温度, °C; B 为燃料量, t/h; c 为烟气的质量热容, kJ/(kg · K); M 为反应火焰中心位置参数, 火焰中心位置越高 M 值越低。

分析结果表明, 炉排振动改变了火焰中心的位置, 炉排振动时燃料在在炉排上翻滚并被炉排风吹到炉膛较高的位置, 燃料挥发分快速分解释放大量小分子可燃气体把火焰中心进一步推高, M 值降低, 在其他参数补充不变的情况下, 根据式(1)炉膛出口温度上升。炉排振动结束, 燃料重新落到炉排上, 炉膛内的可燃气体逐渐燃烬并得不到补充, 火焰中心位置缓慢下降, 炉膛出口温度也逐渐降低。

3 周期性波动对锅炉控制的影响

炉膛负压与炉膛温度的周期性波动为机组的自动化控制带来了很大的困难。在该锅炉的调试运行过程中, 由于燃料状态不稳定炉排振动后炉膛负压经常下降到0附近, 甚至较长时间正压运行, 按照锅炉运行规程将造成锅炉MFT保护动作。为了防止MFT的发生不得不切除相关保护, 只能依靠运行人员密切关注负压是否正常, 工作效率低, 给机组运行带来安全隐患。炉膛负压的剧烈变化还会对炉膛负压自动控制带来很大困难, 由于控制偏差剧烈波动, 控制系统因反应延迟导致较大超调, 不能满足控制要求。试验结果表明在炉排振动前后对送、引风量及送风量分配进行调整虽然也可以减少炉膛负压的波动, 但是效果仍不理想。

炉膛温度的波动在机组启动阶段或者低负荷运行时影响较大, 由于该锅炉保护系统要求炉膛温度不能低于450, 否则可能引起燃烧不稳定甚至出现灭火事故, 因此炉排振动使得温度降到此温度之下通常会直接触发保护动作。在锅

炉运行时，炉膛温度的波动会间接地通过传热效果表现出来，汽包的压力和主蒸汽的温度都会随炉温波动出现不同程度的变化，特别是高负荷运行时为了保证锅炉负荷和汽温的稳定，对控制系统提出了更高要求。

4结论

(1)生物质振动炉排具有自动播料的功能布料均匀，有利于生物质燃料在炉膛内干燥、着火和燃烧，是一种比较理想的生物质直燃锅炉燃烧技术。

(2)生物质振动炉排锅炉运行时，运行参数受炉排振动的影响具有明显的周期性，特别是炉膛的压力和温度会出现周期性变化，锅炉的自动控制因此将受到周期性扰动。

(3)采用振动炉排，为了保证生物质直燃发电厂运行的稳定可靠，必须对生物质振动炉排锅炉的运行特点进行深入研究，只有充分掌握振动炉排运行的特点，并在此基础上找到合理的控制策略，才可能提高机组的自动化控制水平，最后达到“无人值守”的目标。

参考文献：

- [1]许志贵，王新华，白红俊.秸秆锅炉水冷振动炉排动态特性分析[J].锅炉制造，2008，1：21-24.
- [2]万金瑞.关于振动炉排层燃技术的探讨[J].热能动力工程，1990，5(4)：21-26.
- [3]李海英.生物质锅炉的性能论述[J].节能，2008，8：52-54.
- [4]中国电力科学研究院生物质能研究室.生物质能及其发电技术[M].北京：中国电力出版社，2008：179.
- [5]杨宏生，索沂生等.工业链条炉数学建模及动态仿真[J].电站系统工程，2005，21(4)：29-31.
- [6]容奎恩等.电站锅炉原理[M].北京：中国电力出版社，1997：322.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/96902.html>