

[红外测温]

生物质锅炉炉膛温度测量方法比较

文/国核电力规划设计研究院 柳 华

水冷振动炉排直燃生物质锅炉炉膛温度受多种因素影响，如炉排的振动、炉膛内烟气浓度分布等，目前国内现运行的水冷振动炉排直燃生物质电厂中基本采用两种测温方式：热电偶和红外线测温仪。从不同方面对两种测温方式进行了比较。

炉膛温度是反映燃烧过程的重要参数，锅炉效率降低，炉膛结焦，炉管爆破，炉膛爆炸乃至 NO_x 的生成大都和炉内温度有关，并且振动炉排生物质锅炉的炉排振动过程中会使炉膛燃烧不稳定，使得温度测量结果有波动，炉膛温度的周期性波动对机组的自动化控制有很大影响，因此准确测量炉膛温度对于炉膛安全以及机组控制有极为重要的意义。

水冷振动炉排直燃生物质锅炉及其炉膛温度测量简介

1. 水冷振动炉排直燃生物质锅炉简介

现在国内生物质发电主要分为直接燃烧发电及汽化燃烧发电两种类型：直接燃烧发电与燃煤发电十分相似，两者都是燃料在锅炉内燃烧产生蒸汽，汽轮机将蒸汽的热能转化为机械能，发电机再将机械能转化为电能的过程。直接燃烧发电的锅炉主要根据燃烧方式分成固定床和流化床：固定床燃烧方式多采用往复式炉排、振动式炉排、链条式炉排、马丁炉（多见于垃圾炉）等炉型；流化床燃烧方式多采用流化床、循环流化床及二级流化床等炉型。在生物质直燃的锅炉中，固定床锅炉采用较多，技术水平较高，流化床锅炉在国内正处于工业化方面的试用及推广阶段。

目前国内大多数的生物质发电厂锅炉采用的是

丹麦技术的水冷振动式炉排的直燃式锅炉。锅炉的燃烧室(即炉膛)位于锅炉的前部，由膜式水冷壁围成。炉膛的下部布置水冷振动炉排，燃料从锅炉水冷壁前墙给料口处给入，在炉排上燃烧，通过炉排的往复运动将燃尽生成的灰从底部排出。炉膛上部在炉膛出口处布置屏式三级过热器。在由膜式水冷壁围成的烟井2、烟井3中分别布置四、二、一级过热器，炉膛剖面图如图1所示。

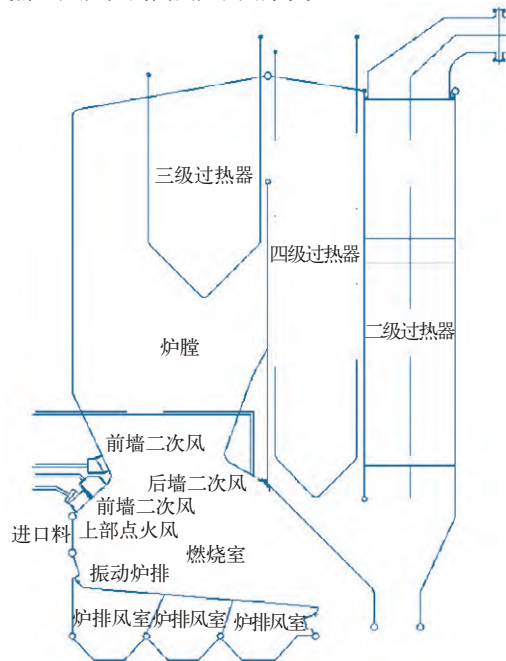


图1 炉膛剖面图

生物质锅炉燃料按性质不同分为硬质秸秆（也叫灰杆）和软质秸秆（也叫黄杆）两种，其中硬质秸秆主要是：棉花、大豆等茎干相对坚硬的农作物秸秆及树枝、木材加工下脚料等；软质秸秆主要是：玉米、小麦、水稻、高粱及甘蔗等茎干相对柔软的农作物秸秆的统称。这种生物质燃料含有包括氯化物在内的多种盐，燃烧产生的烟气具有很强的腐蚀性。另外它们燃烧产生的灰分熔点较低，容易黏结在受热面管子外表面，形成渣层。

2. 炉膛温度测量情况简介

常用的炉膛燃烧火焰温度测量方法可分为接触式和非接触式两种。

接触式温度测量方法主要是热电偶温度计，它是利用测温传感器与被测对象直接接触，在大多数情况下，要使测温元件和被测对象处于热平衡状态才能进行测量，这将破坏被测量温场，因此，在某些场合下，接触式测温方法的使用受到限制，仅仅在实验室或者炉内温度不太高的区域使用。

非接触式温度测量方法主要是光学法。光学法包括辐射光谱法和激光光谱法两种。其中，辐射光谱法作为炉内燃烧温度检测的适用方法已经得到了证明。

热电偶测量炉膛温度的应用情况

针对生物质炉膛的特性，燃料中氯化物等各种盐类含量较高，烟气具有较强的腐蚀性，烟气的熔灰具有较高的黏附性，且生物质炉膛中心的温度可高达1 200 ℃，炉排的规律性振动引起火焰不稳定等这些特征，需要选用耐腐蚀、耐磨损以及具有良好的抗振性的高温热电偶。

1. 热电偶炉膛测温在国能临沂生物质发电厂中的应用

(1) 国能临沂生物质锅炉简介

国能临沂生物质发电厂锅炉形式为：1×130 t/h 振动炉排、高温高压、生物质燃料锅炉。燃料为：水稻秸秆、油菜秸秆、棉花秸秆及小麦秸秆等软质秸秆。燃烧系统由燃烧室、炉排、风室等组成。炉排水冷壁上开有很多φ5 mm的小孔，作为一次风的通风口，炉排下部是风室。

(2) 热电偶炉膛测温的应用

热电偶根据热电偶丝的材料不同种类不同，电站常用的有：K分度、E分度和S分度，国能临沂

生物质电厂中采用的K分度铠装热电偶，插入深度为1 000 mm，设置3个温度测点，位置布置由锅炉厂在出厂前订好位置，大约在炉前标高为17 m的平台位置，3个测温孔两两之间距离是等同的，此位置基本与红外测温监测孔位置一致，为锅炉厂推荐位置。

单纯看热电偶测量元件，因为直接与被测对象接触，不受中间介质的影响，所以测量精度较高。但是，生物质锅炉燃料烟气中的灰渣黏性较大，会包裹住探头，时间长了使得测量的准确度下降，可能导致要经常更换测量元件，维护比较麻烦，还有生物质锅炉的温度波动大，炉排振动以及热电偶的安装等诸多因素的影响造成热电偶使用寿命短。

烟温探针也是一种热电偶测量方式，它是将热电偶固定在探针的头部，将热电偶送入炉膛，监测烟气温度的设备，主要用于锅炉启动期间监测炉膛出口处的烟气温度，防止再热器管子烧坏。炉膛烟温探针主要用于煤粉炉的炉膛温度测量，由于生物质燃料灰分有很强的附着性，容易导致烟温探针的执行机构卡涩，则烟温探针不太适合于生物质炉膛温度监测。

红外线测量炉膛温度的应用情况

1. 红外线测量炉膛温度的原理

红外线测温是基于远红外探测器的原理。当生物质燃料在锅炉中燃烧会产生CO₂气体。CO₂在高温之下会产生红外线辐射，红外探测器具有红外线滤波器，只允许CO₂所产生的红外线通过，红外探测器的薄膜电热元件对于CO₂产生的红外线光谱产生感应，从而测量出CO₂的温度。但红外在线测温也存在其局限性，由于炉膛烟气是气态发光，温度分布不均匀，成分不固定，再加上飞灰颗粒辐射的存在，炉排的周期性振动、一次风、二次风的搅动等引起的燃烧不稳定，因此组成的光谱波长和穿透力等不确定，从而导致被测区域不确定，测量存在误差。

2. 红外线测炉膛测温在光大含山生物质发电厂中的应用

(1) 光大含山生物质锅炉简介

光大含山生物质电厂锅炉形式为：1×130 t/h 振动炉排、高温、高压参数自然循环炉，单锅筒、单炉膛、平衡通风、室外布置（轻钢型屋盖）、固态排渣、全钢构架及底部支撑结构型锅

炉。燃料为：水稻秸秆、油菜秸秆、棉花秸秆、小麦秸秆等软质秸秆。燃烧系统由燃烧室、炉排、风室组成。炉排水冷壁上开有很多 $\phi 5\text{ mm}$ 的小孔，作为一次风的通风口，炉排下部是风室。燃料由给料机送到炉排前部，在此处由于高温烟气和一次风的作用逐步预热、干燥、着火、燃烧。随着振动机构的工作，燃料边燃烧边向炉排后部运动，直至燃尽，最后灰渣落入炉后的除渣口。

炉膛横截面为 $9\ 200\text{ mm}\times 6\ 480\text{ mm}$ ，炉顶标高为 $22\ 900\text{ mm}$ 。

炉膛燃烧受诸多因素影响，炉排燃烧必须定期监视：

- 1) 如果炉排上的燃料过少，会使点火不稳定，而且可能导致结焦阻碍燃料的燃烧。
- 2) 如果炉排上的燃料过多，燃烧不完全，在炉排振动过程中会使炉膛燃烧紊乱。这时低过量空气或者炉膛超压会增加锅炉运行的危险性。
- 3) 当炉排振动幅度过大，一些燃料来不及燃

烧就会排入落渣口，降低了锅炉的整体热效率。

4) 如果炉排中、上部的空气量过大，炉排上的火焰锋就会太高。这样火焰主要集中在炉排中部和下部之间，在炉排上部就会有很少的火焰。

5) 烟气中氧量过高，就表明了给料过少或振动幅度太大。

因此生物质炉膛温度的测量也容易不稳定。

(2) 红外线炉膛测温的应用

由于生物质燃料含有包括氯化物在内的多种盐，燃烧产生的烟气具有很强的腐蚀性，在三、四级过热区域会对受热面管子产生高温腐蚀。

温度测点布置在炉前标高为 $16\ 970\text{ mm}$ 的位置，从炉左到炉右依次为#1~#3测温孔，测温孔1、3与锅炉中心线距离为 $2\ 840\text{ mm}$ ，测温孔2与锅炉中心线距离为 40 mm ，布置位置如图2所示，红外测温仪配有压力为 0.8 MPa 的仪用气源管路以冷却及吹扫探测器。

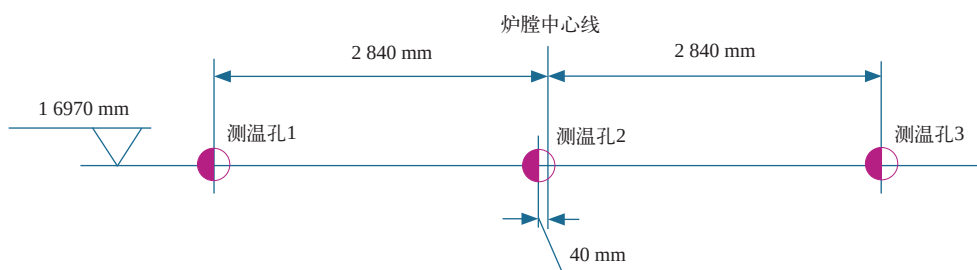


图2 温度测点布置位置图

结束语

根据现场的使用情况来看，热电偶测得的炉膛温度明显偏低，热电偶的安装位置需要调整，这有待于进一步的改善；红外线测量的炉膛温度会受探头清洁度的影响而有偏差，则红外线测温对吹扫气源的要求比较高，并且需要考虑吹扫口与探头的布置尽量保证探头的可靠吹扫。

由于生物质燃料燃烧产生的灰分熔点较低，具有很强的黏附性，容易附着在受热面管子上，热电偶测量需要采取一定的防止燃料灰的附着，

红外线测量需要有持续的冷却及吹扫气源；两种测量方式各有利弊，热电偶仅能测取靠近炉墙的温度，红外线测温可测取炉膛较深距离的温度，在此做一设想，可否采用两种测量方式的优点采用多传感器的融合技术，并将两种测量方式的位置进行优化，将炉膛中部及炉墙的温度进行融合以获得炉膛比较准确的温度，以为能更好地控制炉膛压力及机组负荷。EA

(收稿日期：2015.03.01)

(编辑：白文亭)