

达冠---基于多信息融合的生物质燃烧机燃烧状态评价

产品名称	达冠---基于多信息融合的生物质燃烧机燃烧状态评价
公司名称	郑州达冠节能环保设备有限公司
价格	15000.00/台
规格参数	达冠:河南郑州
公司地址	郑州市二七区马寨镇科技东路1号（注册地址）
联系电话	0371-55862358 15638177798

产品详情

[基于多信息融合的生物质燃烧机燃烧状态评价](#)

摘要：为对燃烧器的燃烧状态进行合理评价，研究基于模糊原理的多源信息融合评价方法，并将其应用于对单个旋流燃烧器整体燃烧状态的评价。通过融合燃烧器不同区域的燃烧状态信息，获得燃烧稳定性的综合评价价值，以直观、全面地反映燃烧器的燃烧状态。实验数据表明，当调整燃烧器的运行工况时，综合评价价值能正确反映出燃烧器整体燃烧状态的变化，证明了此方法用于实现多信息融合的燃烧器状态评价的有效性，为燃烧器状态的监测、建模和优化控制提供基础。

0 引言

在锅炉燃烧控制系统中，由于控制对象存在的纯延迟、大滞后、分布参数等特点而给控制过程造成了困难。直接从燃烧的火焰中获得燃烧信息是克服这一困难的途径。通过分析全炉膛火焰信息，可判断燃烧稳定性，并对氮氧化物排放、出口未燃烬碳率等信息进行预测[1-7]。通过分析单个燃烧器的火焰信息，可以对燃烧器是否有火进行判引出[10]。对于生物质燃烧机前后墙对冲布置的锅炉，其燃烧器的燃烧状态及调整相对独立。为了实现单个燃烧器状态的监测和优化控制，仅判断其是否有火是不能满足需要的，必须对其燃烧状态进行综合评价，进而对燃烧器进行优化调整。

单个生物质燃烧机不同燃烧区域的燃烧状态可通过火焰检测器（以下简称“火检”）和火焰图像采集装置获取的多个特征信息推断得出。火检信息可推断出初始燃烧区燃烧的剧烈程度；图像采集装置获取燃烧器完全燃烧区的火焰图像，提取的特征参数可推断出完全燃烧区的燃烧稳定性。不同区域的燃烧状态都会影响并反映燃烧器的稳定性。燃烧器运行工况发生改变时，不同区域燃烧状态的变化并不完全相同，因此单独根据某个区域的燃烧状态信息不足以表征燃烧器的燃烧稳定性，需要将不同区域的燃烧状态信息综合起来，才能全面评价燃烧器的燃烧稳定性。对此，本文研究了基于模糊原理的多源信息融合评价方法，通过融合不同区域的燃烧状态信息，获得燃烧器燃烧稳定性的综合评价价值，以直观、全面地反映出燃烧器的整体燃烧状态，为燃烧器状态的监测、建模和优化控制提供基础。

1 基于模糊原理的多源信息融合评价方法

多源信息融合的评价方法是将测量对象各类特征信息进行融合，以获得对测量对象整体评价的方法。它可以有效地综合测量对象各个侧面的信息，为控制决策提供可靠的依据[11-14]。于模糊原理的多源信息融合评价方法，假设测量对象有 m 个特征信息，特征信息的实测值为 $C_j(j=1, 2, \dots, m)$ 。测量对象整体评价论域有 n 个语言值 $\{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ 。确定每个特征信息对应各语言值的隶属度函数，根据隶属度函数可以计算每个特征信息实测值对应各语言值的隶属度，这个过程称为对各实测值的模糊化[15-16]。以测量对象整体评价论域包含3个语言值{不稳定, 中等, 稳定}为例进行说明，如图1所示，确定某特征信息对应3个语言值的隶属度函数后，即可计算出该特征信息实测值 C_j ，对应每个语言值的隶属度 $\{U_{j1}, U_{j2}, U_{j3}\}$ ，其中 $U_{j1} + U_{j2} + U_{j3} = 1$ 。

采用同样的方法计算每个特征信息的实测值对应各语言值的隶属度。令 P_{jk} 表示第 j 个特征信息对应整体评价论域中第 k 个语言值的隶属度，其中 $j=1, 2, \dots, m, k=1, 2, \dots, n$ 。从而每个特征信息对应整体评价论域中各语言值的隶属度矩阵为

模糊综合评价向量 B 的各分量描述了综合评价结果对应整体评价论域中各语言值的隶属度。通过解模糊，可将模糊综合评价向量 B 转化为一个确定的综合评价值，这个过程如图2所示[18]。在确定评价值 x 对应整体评价论域中各语言值 $\{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ 的隶属度函数后，根据模糊综合评价向量 B 中各语言值的对应分量，即综合评价值对应各语言值的实际隶属度，确定各语言值下的评价值模糊集。所有语言值下的评价值模糊集取并集后，形成综合评价值模糊集。采用重心解模糊化方法，计算综合评价值模糊集的重心所对应的评价值，该值即为测量对象的综合评价值。

2 生物质燃烧机状态特征信息

2.1 实验介绍

为获得对单个生物质燃烧机实时燃烧状态的评价，在广西某电厂一台300 MW机组的W型火焰燃煤锅炉上进行实验。该锅炉采用浓缩型EI-XCL双调风生物质燃烧机，前后墙对冲布置。燃烧器一次风为直流，二次风为旋转射流。实验中，通过调节燃烧器内、外二次风叶片角度、调风盘开度、二次风挡板开度来改变燃烧器的燃烧状态，进而观察表征燃烧器燃烧状态的特征信息的相应变化。其中调整内、外二次风叶片角度可以改变二次风的旋流强度，调整调风盘开度可以改变内、外二次风比例，调整二次风挡板开度可以改变二次风量，进而影响第2期张雪等：基于多信息融合的生物质燃烧机燃烧状态评价燃烧器的燃烧状态。

图3为实验装置安装的位置示意图。通常认为煤粉气流喷入炉膛后，依次经过未燃烧、初始燃烧、完全燃烧和燃烬4个阶段。火焰检测器安装在燃烧器的喷口附近，检测靠近喷口的初始燃烧区的火焰辐射能。火焰图像采集装置安装在二次风箱底部，斜向上倾斜30°，采集远离喷口的完全燃烧区的火焰图像。表征燃烧器燃烧状态的特征信息来自于火检信息和火焰图像信息。

实验获得的火检数据反映了初始燃烧区火焰辐射能的大小，其变化范围在0~100，数据的采样间隔为1s，计算时取1 min火检数据的均值。各组调整实验的数据分析表明，火检均值可以表征初始燃烧区的燃烧剧烈程度，反映了二次风卷吸高温烟气的的能力大小。初始燃烧区燃烧越剧烈，回流热烟气量越大，则火检均值越大；反之，火检均值就越小。

2.3 火焰图像信息

实验使用的电荷耦合器件(charge coupled device, CCD)摄像机拍摄速度为25帧/s。火焰图像经过预处理后形成灰度图，从中提取特征参数。在1s内，火焰的脉动非常强烈。

单帧图像提取的特征参数为特征区平均亮度值、特征区亮度值的标准差。提取的统计特征参数为特征区平均亮度值的1 min统计均值、特征区亮度值标准差的1 min统计标准差。

单帧图像特征区的平均亮度值反映了该区域燃烧的剧烈程度，其1

min的统计均值(以下简称“亮度均值”,)反映了1 min内燃烧剧烈程度的平均情况,燃烧越剧烈,亮度均值越大。

单帧图像特征区的亮度标准差反映了特征区亮度的均匀性,也体现了特征区燃烧的均匀性。其1 min的统计标准差(以下简称“均匀性标准差”,)表征燃烧的均匀性随时间的变化情况。均匀性标准差越小,表明该段时间内燃烧的均匀性随时间波动很小,虽然每一时刻燃烧都是不均匀的,但其处于一种动态的稳定状态;反之,则表明该段时间内燃烧的均匀性随时间波动很大,燃烧处于不稳定状态。

各组调整实验的数据分析表明,火焰均匀性标准差反映了完全燃烧区燃烧的稳定性。完全燃烧区燃烧越稳定,火焰均匀性标准差越小;反之,火焰均匀性标准差越大。火焰亮度均值反映了完全燃烧区燃烧的剧烈程度。当燃烧稳定时,燃烧程度可能剧烈也可能不剧烈,相应地,火焰亮度均值可能较大也可能较小。当燃烧不稳定时,情况类似。但在燃烧剧烈时,燃烧状态转变为不稳定的可能性较小,因此燃烧剧烈对整体燃烧状态有利,反之,则是不利的。所以在对燃烧状态进行整体评价时,需将表征燃烧剧烈程度的火焰亮度均值作为特征信息之一。

根据以上分析,用于评价燃烧器燃烧状态的特征信息是:火检均值、火焰均匀性标准差、火焰亮度均值。火检均值表征了初始燃烧区的燃烧状态,火焰均匀性标准差和火焰亮度均值表征了完全燃烧区的燃烧状态。对燃烧器的燃烧状态进行整体评价时,需要融合初始燃烧区和完全燃烧区的特征信息。初始燃烧区燃烧得越剧烈,完全燃烧区燃烧得越稳定,燃烧器的整体燃烧状态就越稳定。对燃烧器完全燃烧区的燃烧状态进行评价时,需要融合火焰均匀性标准差和火焰亮度均值。火焰均匀性标准差越小,火焰亮度均值越大,完全燃烧区的状态越稳定。

由于火焰具有很强的脉动,只有统计值才有意义,所以提取的特征参数均取1 min的参数统计值。本文时间间隔取为1 min,是在研究阶段为了解不同工况下燃烧状态与综合评价值的关系而选取的。实际应用时,每6s对燃烧状态进行一次判断。本文中,相邻2个数据点,分别取自相邻1 min原始数据的统计值,原始数据没有交集。实际应用时,后一个数据点将包含前一个数据点最后54 s的原始数据信息,并增加接续6s的数据信息,在此基础上计算特征参数的统计值。每6s对燃烧状态进行一次判断,就可以适应燃烧器火焰的快速变化,为燃烧器状态的监测、建模和优化控制提供基础。

3 基于模糊多信息融合的燃烧器状态评价方法

3.1 特征信息对燃烧器状态整体评价语言值的隶属度函数

燃烧器状态整体评价的语言论域为{不稳定,中等,稳定}。根据运行经验可获得各特征信息值与燃烧器状态的关系,据此确定各特征信息对应燃烧器状态整体评价语言值的隶属度函数,如图4所示。当燃烧器状态不同时,使用上述隶属度函数对各特征信息模糊化后,所得结果与实际情况相符。

3.2 特征信息的权重系数

根据各特征信息对燃烧器状态整体评价的贡献不同,确定火焰均匀性标准差、火检均值、火焰亮度均值的权重系数为[0.5 0.3 0.2]。由于火焰燃烧过程大部分集中于完全燃烧区,因此这个区域燃烧

的稳定性对于燃烧器状态整体评价的贡献最大,赋予表征完全燃烧区稳定性的火焰均匀性标准差最大的权重系数。而相对次要的初始燃烧区,表征其燃烧状态的火检均值被赋予较小的权重系数。另外,火焰亮度均值虽然并不严格与完全燃烧区的稳定性相对应,但却能反映出完全燃烧区的燃烧状况以及燃烧趋势,进行燃烧器状态的整体评价时,赋予火焰亮度均值最小的权重系数。通过比较不同的权重系数,上述权重系数计算得到的模糊综合评价向量符合运行经验对燃烧器实际燃烧状态的判断。

3.3 评价值对燃烧器状态整体评价语言值的隶属度函数

为进行解模糊计算,建立评价值对应燃烧器状态整体评价语言论域{不稳定,中等,稳定}中各语言

值的隶属度函数。隶属度函数均采用三角形函数，形式如图2中各语言值下的评价值隶属度函数。评价值取值范围为 $[0, 1]$ ，评价值越大，表明燃烧器状态越稳定。据此确定各隶属度函数的中心对应的评价值分别为0、0.5、1。

3.4 燃烧器状态的整体评价

3.4.1 对二次风挡板开度调节实验中的燃烧器状态进行整体评价

实验中仅对二次风挡板开度进行调节，其他调节量保持不变。图5为实验采集到的火焰均匀性标准差、火检均值、火焰亮度均值数据曲线，数据均进行了归一化处理。

实验的前半段二次风挡板开度减小，二次风量减少，后半段相反。火焰均匀性标准差曲线表明后半段实验完全燃烧区燃烧波动较小，火焰亮度均值曲线前后变化不大表明燃烧剧烈程度接近，后半段实验完全燃烧区状态更加稳定。火检均值表明后半段实验初始燃烧区燃烧更加剧烈。因此后半段实验燃烧器的整体状态更加稳定。

按照本文第1节介绍的方法，计算各时刻燃烧器状态的综合评价值，如图6所示。后半段实验中燃烧器稳定性的综合评价值明显增大，综合评价值的变化与上述定性分析的结果一致。

3.4.2 对内二次风叶片角度调节实验中的燃烧器状态进行整体评价

实验中仅对内二次风叶片角度进行调节，其他调节量保持不变。如图7所示，为实验采集到的火焰均匀性标准差、火检均值、火焰亮度均值数据曲线，数据均进行了归一化处理。

实验中前半段二次风旋流强度增强，后半段相反。火焰均匀性标准差曲线表明后半段实验完全燃烧区燃烧波动较小，火焰亮度均值表明后半段实验完全燃烧区燃烧更加剧烈，所以后半段实验完全燃烧区状态更加稳定。火检均值表明后半段实验初始燃烧区燃烧较平缓。原因在于后半段实验中，二次风旋流强度减弱，初始燃烧区卷吸高温烟气的的能力下降，燃烧趋于平缓。但同时二次风的刚性增强，使得完全燃烧区煤粉与氧气的混合更充分，燃烧更稳定。

通过分析特征信息，可以了解燃烧器的局部状态，但对燃烧器的整体状态，无法获得直观的评价。综合评价值显示，后半段实验燃烧器整体状态更加稳定。综合评价值融合了各特征信息，并考虑了各特征信息对整体评价的贡献，直观地反映了整体燃烧状态。

4 结论

基于模糊原理的多源信息融合评价方法，综合了测量对象各特征信息，并考虑了各特征信息对最终评价结果的贡献差异，可以得到对测量对象更加直观的评价结果。

利用火检和火焰图像等测量手段可以获取旋流燃烧器不同区域的燃烧特征信息。应用基于模糊原理的多源信息融合评价方法，实现了对旋流燃烧器整体燃烧状态的综合评价。当生物质燃烧机的调节量发生变化引起燃烧器燃烧状态变化时，综合评价值能够有效地反映出实际燃烧状态的变化，为燃烧器状态的监测、建模和优化控制提供了基础。

生物质气化站, <http://www.598jx.com>