

大型锅炉风量及风速测量装置的改造和应用

陈俊杰 韩 岗 吴绪建

国能重庆万州电力有限责任公司 重庆 404100

摘要: 随着科技的发展,火电机组的自动化程度越来越高,对自动控制系统的投资比例提出了更高的要求。目前,测量空气流量的主要设备有文丘里、巴类(阿牛巴,威力巴)等。本文对锅炉设备风速测量的重要意义进行了分析,并对各种流量计的应用进行了探讨。本文从流量仪表的稳定性、可靠性、安装和维护等几个方面论述了CFB锅炉风速仪表的选用原则和应注意的问题。

关键词: 电站锅炉;风量测量;装置改造

Reconstruction and application of measuring device for large boiler air volume and wind speed

Junjie Chen, Gang Han, Xujian Wu

Chongqing Wanzhou Electric Power Co., LTD., Chongqing 404100

Abstract: With the development of science and technology, the degree of automation of thermal power units is getting higher and higher, and the investment proportion of automatic control system has put forward higher requirements. At present, the main equipment for measuring air flow is venturi, Ba (Niuba, Viliba) and so on. In this paper, the importance of measuring wind speed in boiler equipment is analyzed and the application of various flowmeters is discussed. In this paper, the selection principle and attention of CFB boiler anemometer are discussed from the stability, reliability, installation and maintenance of flow meter.

Keywords: Power plant boiler; Air volume measurement; Plant modification

引言:

火电厂的锅炉绝大多数是采用煤粉燃烧的方式。对锅炉的煤粉流速流量、风量进行在线监测,有利于提高锅炉的安全性和经济性。安全性与经济性在很大程度上取决于锅炉的燃烧工况,其中主要的运行参数有炉膛出口处的过量空气系数;各级受热面和烟道、风道的漏风系数;一、二、三次风的风量(速)和风温、风粉系统的配比情况等。

燃烧工况复杂的特性,决定了燃烧过程以及与之有关的其他过程是难以间接测量和控制的,如果只凭表面现象和直观经验,已经很难对运行工况作出准确的判断和合理的调整。而火电厂传统的操作方法是根据风机电流,调节挡板开度,给粉机转速,一次风静压,烟气含氧量等参数对燃烧工况进行调整。这种方法对各风管的均匀配风难以实行实时的监视与调节。由于没有准确的监测装置,锅炉运行人员无法对锅炉进行有效的燃烧调

整,有时使锅炉处于配风不均的条件下运行,严重时会引起火焰中心偏斜,燃烧不稳,从而导致熄火放炮、局部结焦及锅炉爆漏,锅炉热效率降低,一次风管堵管事故也经常发生,这些问题已严重危及机组的安全性和经济运行。通过增设煤粉流速流量、风量在线监测系统,可以对煤粉流速流量、风量实时监测,为锅炉燃烧效率提供数据支持的同时,保证了机组的安全性和经济运行。

目前国内外的许多电站锅炉(包括设计院新设计的锅炉)其一、二、三次风风速风量、制粉通风量一股采用传统的机翼型、文丘里或巴类等测风装置。然而,由于一、二、三次风及制粉风皆系含尘气流,烟气含有飞灰,上述类型的测风装置其灰尘只进进,容易堵察,不得不通过反吹扫装置来解决,使得热工人员维护工作量很大,且影响测量准确性及精度;其次由于风管内的气流比较紊乱,传统的点、线测量无法准确反应管内实际的风速风量。

我公司致力于煤粉流速流量、风量监测系统的设计开发、销售安装调试等，具有国内外数百台炉的实践经验，专业的技术团队为您提供优质的解决方法。

一、风速测量概念及方法

顾名思义，它是一种测量气流速度的工具。在气象站中使用最多的是风杯式风速表。风速试验包括了对平均风速的试验，以及湍流组分（1~150KHz的风的扰动，不同于变动）。测量平均风速的方法有热式、超音波、叶轮、以及皮拖管等。

1. 测量热流速度的方法

这种方法是为了检测在带电条件下由于风而导致的传感器的电阻的改变，从而测量风速。无法得到，关于风向的消息。除了便于携带，而且性价比高，是一种标准的风速测量仪器。热型风速表的质子有白金线，电热偶，半导体等，但是我们的产品是白金卷线。白金线是材料中最稳定的材料。因而，长期稳定，温度补偿等优点。

2. 超声波测量风速的方法

这种方法是为了检测传输——在一定的距离内，由于受到风的影响，到达的时间会被推迟，从而检测出风速。超声波风速计的传感部面积很大，在检测部分附近会产生湍流，造成气流的不规则。应用受限，普及率较低。

3. 叶轮速度测定法

这种方法是利用风力发电机的工作原理，对叶轮的转速进行测量，以测量转速。用于观测天气等。其原理简单，成本低廉，但是测量精度差，因此不能用于测量微风速度和微小风速的改变。

4. 皮拖管风速试验法

在流面的前表面有一个与之垂直的孔洞，其内装有从各个孔洞中抽取压力的细管。通过测量它们的压差（一个是全压，一个是静压），就可以得到风速。其原理较简单，成本低廉，但是与流面之间的距离必须是垂直的，否则无法进行适当的试验。不能普通使用。它不能用作风速测量，但可以在高速范围内进行速度修正。

二、锅炉风量测量系统的重要性和必要性

合理的风量匹配可以明显改善燃烧工况。就燃烧而言，一次风量和二次风量分配不均，会导致着火提前，燃烧器烧损，炉膛结焦。特别是一次风量过大会导致锅炉熄火，而且风速过大会造成燃烧系统的磨损，从而影响机组的稳定性和安全性。风量测量在电站锅炉运行的经济性、安全性、环保等方面起着至关重要的作用。

我国锅炉烟气中的NOS排放主要采用燃烧配风，若不合理的配风方式，将无法有效地抑制烟气中的氮氧化

物产生，同时也会降低锅炉的环境质量。通过精确的风量测量，可以对锅炉的燃烧进行最优的控制，保证机组的安全、稳定和经济运行。根据不同的锅炉和所用的煤种，确定了最优的排风方法。若不合理的燃烧分配，将使炉膛火焰中心偏低，燃料燃尽率低，从而使锅炉的热效率和水汽温度降低；炉膛内的火焰中心升高，煤粉在燃烧区滞留的时间较短，会导致机械不完全燃烧，风机单耗增大，从而影响到整个机组的经济效益^[1]。

三、常用风量测量装置的分析比较

由于阻力大，信号放大倍数低，风道式文丘里风量测量装置的应用越来越少。文丘里风量测量仪器采用压差式，负压测点位于内温丘利喉，极易发生阻塞。巴类风量测量设备是一种以皮托速度测量为基础的流量传感器。是一种压力差的测量方法。压力传感器是一种小型的压力感应孔，它的粉尘只能进入而不能排出，因此很容易发生阻塞。最好是在直管部分没有粉尘的条件下使用。热漫射型风量测试仪：测量仪有一个温度敏感的元件，因为传热的原理是通过加热的方式来加热的，RTD的加热和冷却都是需要时间的，因此测量的滞后比较大，不能及时地反映风速和风量的变化^[2]。全断面多点式自清灰风量测量设备，采用了严格按照标准等截面多点测量的方法，对管道断面进行了均匀流速测量。同时，风量测量设备自身还具备利用液体动能进行自清灰、防止堵塞的作用，无需添加任何压缩气体进行净化，因此，不管粉尘浓度如何，都可以长时间工作，无需维修。

四、改造的可行性分析

（一）常用风量测量装置比较分析

1. 巴类风量测量装置（威力巴，阿牛巴）是一种以皮托管速度计为基础的流量传感器。当测量设备的直管段安装符合设计要求，无粉尘时，其使用效果更佳。在测量含尘气体时，由于它的传压区是一片带压力的狭小空间，粉尘只能进入而不能排出，因此很容易造成测量设备的阻塞。

2. 机翼型风量测量设备还包括一个由机翼和一个长方形通道组成的压差型测量方法。压力传感部件是一狭小的空间，具有压力感应孔，粉尘只能进入，不能排出，很容易造成测量设备的阻塞，而且由于测量设备占地较大，产生较大的截流，从而使风机功率消耗显著增大。

3. 由于信号放大倍数小、阻力大等缺陷，风道式文丘里风量测量装置在实际应用中已经不多见。本测试设备的负压测试点来自于内文丘利的咽喉，并且易于阻塞。

4. 热扩散式风量测量设备采用了热传递的原理，但

是加热杆的加热和冷却是有变化的，不能及时、快速地反映出风量和风速的变化，并且存在着很大的滞后现象。

5.全断面插多点自清灰风量测量设备的测量，是根据后测原理，将测试仪一次部件插入到风管中，在有空气流经时，迎风面测量空气的动能（全压），而背风面则测量空气中的静压，全压和静压差的大小与空气流量有一定的对应关系，从而可以准确地测出空气中的风量^[3]。它的数学模型是这样的：

$$Q=KAf(\Delta P, T, P)$$

其中Q是风量，K是风量测量装置在冷态校准后得到的校正因子；A为风量测量设备安装位置的空气通道截面（m²）；T是测量空气流量时的温度（℃）；P为风量测量设备的输出的压力差（Pa）；P是测量空气流量的Pa^[4]。

利用此数学模型，可以实时地校正各个通道的空气流量和温度。另外，根据不同的锅炉的设计要求，Q的单位可以是t/h，m³/h等。

在测定混合风、热风等尘埃气体时，要对其进行长时间、精确的测量，必须着重解决两个问题：测量设备的防堵和测试设备的磨损。全段插多点自清灰风量测量设备为解决测量设备的防堵问题，在测量设备的竖直部分设计并安装了清灰棒，清灰棒在风道内的空气中自由摆动，具有自清灰功能，清灰棒的厚度和重量都是通过出厂试验确定的，根据不同的风道设计风速（流量），试验结果表明，清灰棒太粗、太细、太重、太轻都达不到要求。在引压管和竖管之间有一条斜管，在竖管和斜管之间有一个节流口，引压管由斜管引出，对二次沉淀具有良好的效果。该测试设备一次部件是由1850℃高温烧结的Al₂O₃耐磨陶瓷材料制成，具有很好的耐磨性。其结构如图1所示。

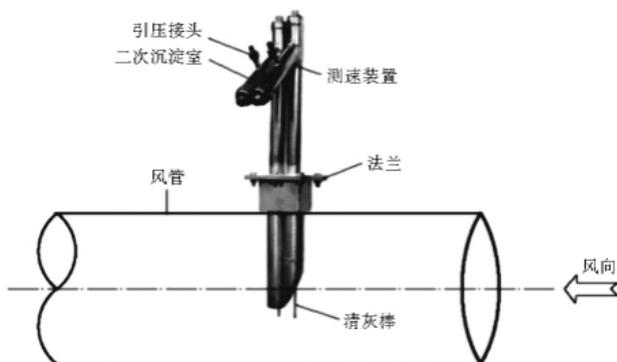


图1 全截面插入多点式自清灰风量测量装置结构示意图
大断面风道的测量（例如：5000*4600mm²的热二次风），单靠一个测量点无法达到测量的精度，需要严格按

有关规范在大断面风道上进行等截面多点测速，以求大截面风道的平均流速。测量设备将多个等值点的正负压侧连接到管道中，最后正、负压侧各有一个主引压管，并与差压传感器联接，得到了这一横断面的平均空气流量。

（二）可行性分析

为了保证锅炉的风量（量）测量精度和风量保护和送风自动的正常投入，对风量测量设备进行了改进。经过调查，发现采用全断面多点式自清灰风量测量设备，其自清灰、防堵塞、防磨损等特点，已经在国内不同容量、不同类型的锅炉上获得了成功的使用。与其他风量测量设备比较，该仪器最大的特点是对直管长度的要求极小，甚至在无直管节段时，也可作为一种较为理想的测量设备。300MW、600MW机组的风道布局受限，如300MW机组的热风、磨入口混合风、600MW机组制粉系统管路（负荷风、旁路风管）等都缺少足够的直管段，导致流场冷、热态差异较大，导致流场不稳定，从而影响测量精度；此外，热风和混合风都是含尘气体，其他常见的风量测量装置传感材料都是一种具有压力感应孔的小空间，如果粉尘仅进入而不能排出，很容易造成阻塞，从而很难从根本上解决测量元件堵塞的问题。全段插多点自清灰风量测量装置，在管道截面上，严格按照国家有关规范，采用等截面、多点的测量原理，测得了截面的平均流速，并考虑到直管截面的长度、截面尺寸的尺寸，从而有效地解决了空气中的磨损和阻塞问题，风量测量设备自身还具有利用液体动能进行防堵、自清灰的作用，所以不需使用任何附加的压缩气体进行吹扫，不管空气中的粉尘浓度有多高，都可以在较长的时间内不进行维修^[5]。

五、改造和应用情况

将1050MW机组的一次风速仪和风量测量仪全部替换为全断面插入多点式自清灰风速（流量）测定仪。改造后的风速、风量测量精度高，测试设备在使用过程中无阻塞现象，操作人员及有关技术人员对改造后的结果十分满意。试验电站1050MW机组2号锅炉是东方电气集团东方锅炉有限公司生产的1050MW超超临界压力、变压直流炉、对冲燃烧方式、固态排渣、单炉膛、一次再热、平衡通风、露天布置、全钢结构、全悬吊π型结构。型号为DG3035/29.3-II 3，点火方式为微油点火。锅炉出口蒸汽参数为29.4MPa（a）/605℃/623℃。在基本建设阶段，2号炉的烟气系统都是进口的威力巴风量测量装置，并配备了防堵式的吹风装置，但投产后威力巴风量测量装置依然会出现堵塞、堵塞、吹不通、测量不

准确等问题,而且,现场所有煤层燃烧器的二次风量和燃尽风流量都在3米以上,无法满足威力巴风量测量装置的要求。因风量测量误差,造成2炉的风量保护及送风自动无法投入使用,而风量的测定结果对人员的操作没有任何参考价值,加上加装了一个自动反吹装置,也无法解决问题^[6]。所以,2炉后的巴风量测量机组,全部换成了全断面插多点自清灰风量测量设备。经过改装,后各风量测量精确,风量测量设备无阻塞,锅炉风量保护长期正常使用,送风自动调试、试验后具备投入使用的条件,操作人员还可以根据实测的风量进行调节,达到了预期的效果。在试验电站1050MW机组风量测量装置经过改造后,均采用全断面插多点自清灰风量测量装置,因其导流断面尺寸严格按标准网格进行多点排列,并具有自清灰、防堵等作用,其测量设备工作稳定、工作稳定。

六、结语

在分析各种流量仪表的基础上,对其安装、维护、仪表稳定性、可靠性等方面进行了比较。在改造施工期间,只要严格保证风量、风速测量变送器采样管不漏,

风量、风速测量装置在使用时不会发生阻塞,保证测量的准确性。在年度大、小检修期间,对风量、风速测量装置取样管进行一次例行清洗,以确保其全年正常运转。

参考文献:

- [1]段泉圣.电站锅炉送风流量测量方法研究[J].电力标准化与计量,2015,52(2):19-21.
- [2]谢伯达.关于锅炉吹管系数计算方法的探讨[J].热力发电,2016,30(4):28-29.
- [3]王艳.多孔平衡流量计的优化性能与应用[J].仪器仪表用户,2016(6):36.
- [4]垃圾焚烧电厂钢筋混凝土框架与大型锅炉钢架一体化分析[C]//2021年工业建筑学术交流会论文集(下册),2021:414-419.DOI:10.26914/c.cnkihy.2021.045710.
- [5]杨国春.大唐锡林浩特电厂大型锅炉装配吊装机械优化布局技术探讨[J].武汉大学学报(工学版),2021,54(S1):212-214.
- [6]刘圆.大型锅炉钢架关键构件精细化模拟与体系抗倒塌性能分析[D].哈尔滨工业大学,2019.DOI:10.27061/d.cnki.ghgdu.2019.005343.