

资源综合利用发电企业在线监测技术研究

宋煜¹, 周强², 张友卫¹

(1.江苏方天电力技术有限公司, 江苏南京 211102;

2.江苏省电力试验研究院有限公司, 江苏南京 211103)

摘要:依据国家有关管理规定,确定了掺煤燃烧的资源综合利用机组的主要考核指标。应用锅炉效率计算方法建立了燃料比和入炉燃料低位发热量等指标的在线监测模型,并以此为基础建设了管理信息系统,实现了资源综合利用机组的实时在线监测和规范化管理。

关键词:资源综合利用;在线监测;燃料比;入炉燃料低位发热量

中图分类号:TM61

文献标志码:A

文章编号:1009-0665(2011)01-0066-03

在我国电力结构中,火力发电一直占主导地位,占总装机容量的70%以上,是一次能源的主要消耗行业之一,也是节能的重点关注领域。常规的小火电机组由于其能耗高,导致资源的浪费较大,成为火力发电行业节能减排的重点关注对象,国家明确提出“单机容量5万kW以下的常规火电机组应逐步关停”。在此形势下,部分发电企业利用非煤炭形式的燃料进行电能生产(即所谓的资源综合利用发电),实现了资源的高效循环利用,也得到了国家政策的鼓励支持。但部分企业借资源综合利用之名行小火电之实,给我国节能减排工作带来了不利影响,因此急需加强对资源综合利用机组的管理,规范其日常运行。文中采集机组实时运行参数,通过合理的数学模型实现对其监测指标的实时在线监测,依此进行考核管理可以达到“公开、公平、公正”的目的。

1 概述

目前资源综合利用企业包括垃圾处理、钢铁、化工、水泥等行业,所利用的资源包括煤矸石、煤泥、垃圾、秸秆、高炉煤气、生产余热等形态,根据国家政策可按所利用资源分为4类,相应的特征及控制参数如下。

第一类。利用煤的副产品发电机组,包括燃烧煤矸石(石煤)和燃烧煤泥。控制参数有2个,一是燃料比,即综合利用资源的用量不得低于入炉燃料的60%(质量比);二是入炉燃料的应用低位发热量,煤矸石机组不得大于12 550 kJ/kg。

第二类。利用第一类之外的固体燃料来发电的机组,包括燃烧城市垃圾和燃烧秸秆。控制参数为燃料比,即综合利用资源的用量不得低于入炉燃料的80%(质量比)。

第三类。利用工业生产过程中产生的可利用的热能及压差发电的机组。此类无法掺烧煤,因此无控制参数。

第四类。利用气体燃料燃烧来发电的机组,包括燃烧煤层气(煤矿瓦斯)、沼气(城市生活垃圾填埋气)、转炉煤气(高炉煤气)和生物质气化产物等。此类不允许掺烧煤,也无控制参数。

因此监测的重点是第一类,第二类可能也允许掺烧原煤的资源综合利用机组,监测指标主要是燃料比和入炉燃料低位发热量。

2 在线监测方法

2.1 监测原理

2.1.1 入炉燃料低位发热量

该指标可通过锅炉效率计算方法返算得到。锅炉正平衡效率计算方法^[1]为:

$$\eta_1 = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} = \frac{D(i_{gq} - i_{gs}) + Dp(i_{bhs} - i_{gs})}{BQ_r} \quad (1)$$

式中: η_1 为锅炉正平衡效率,%; Q_{out} 为锅炉输出热量, kJ/kg; Q_{in} 为锅炉输入热量, kJ/kg; D 为锅炉蒸发量, t/h; p 为锅炉排污率, 取定值 0.01; i_{gq} 为过热蒸汽焓, kJ/kg, 通过测量主蒸汽参数计算得到; i_{gs} 为给水焓, kJ/kg, 通过测量给水参数计算得到; i_{bhs} 为饱和水焓, kJ/kg, 通过测量汽包压力计算得到; B 为总燃料消耗量, t/h; Q_r 为入炉燃料低位发热量, kJ/kg。

如果锅炉还有再热系统,需另外测量再热系统参数,在锅炉输出热量中计入再热蒸汽吸热量。假定锅炉效率恒定,根据测得的其他参数可以计算得到相应的入炉燃料低位发热量 Q_r 。

2.1.2 燃料比

理论上,根据《国家鼓励的资源综合利用认定管理办法》要求,资源综合利用机组不同的燃料均应分

开计量,但实际上大多数第一类资源综合利用机组由于建设时间较早、场地有限、改造费用过大等原因,目前均采取在煤场中将煤泥、煤矸石与原煤混合后经同一根输煤皮带统一输送的方式,只在混合后有燃料计量装置,无法通过直接统计不同燃料消耗量来计算燃料比,只能依照不同燃料发热量差别较大的特点,结合上述计算的入炉燃料平均低位发热量进行估算:

$$f_p = \frac{Q_r - Q_c}{Q_s - Q_c} \quad (2)$$

式中: f_p 为燃料比,%; Q_c 为原煤低位发热量, kJ/kg; Q_s 为煤泥/煤位发热量, kJ/kg。

2.2 监测模型

由于目前资源综合利用机组发电企业大多采用切换母管制系统,因此对其监测以同一母管上的所有机组作为 1 个监测对象,以 1 d(00:00~24:00)作为 1 个计算周期,即计算 1 d 内该母管系统中所有煤矸石机组的平均燃料比和发热量。数据采集频率为 5 min,即认为该 5 min 内运行参数是稳定不变的。然后根据计算结果和采集数据,计算月平均入炉燃料发热量、月平均入炉燃料比作为考核依据。

2.2.1 月平均入炉燃料发热量

单台锅炉日累计输出热量 $Q_{out,i}$ 为:

$$Q_{out,i} = \sum (D(i_{gs} - i_{gs}) + Dp(i_{bhs} - i_{gs})) \times \frac{5}{60} \times 1000 \quad (3)$$

全厂日平均入炉燃料发热量 $Q_{r,d}$ 为:

$$Q_{r,d} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{out,i}}{\eta_{li}} \right)}{G_d} \quad (4)$$

式中: η_{li} 为单台锅炉热效率,%; G_d 为全厂日燃料消耗量, t。

全厂月平均入炉燃料发热量 $Q_{r,m}$ 为:

$$Q_{r,m} = \frac{\sum (Q_{r,d} \times G_d)}{\sum G_d} \quad (5)$$

2.2.2 月平均入炉燃料比

对第一类资源综合利用机组,利用公式(2)计算出全厂日平均入炉燃料比后,可用统计模型计算全厂月平均入炉燃料比 $f_{p,m}$ 为:

$$f_{p,m} = \frac{\sum (f_{p,d} \times G_d)}{\sum G_d} \quad (6)$$

对第二类资源综合利用机组,由于其原煤与资

源综合利用燃料(垃圾、生物质燃料)分开计量,因此可以通过分开采集燃料量直接统计得到全厂月平均入炉燃料比。

2.3 不确定度分析

在分析效能参数计算模型不确定度之前,首先对模型中各测量参数和设定为定值的参数作一分析。

(1) 锅炉效率为该计算模型中不确定度最大的影响因素,应了解机组锅炉效率随负荷变化程度,若最大负荷时的锅炉效率与最小负荷时的锅炉效率超过 2%,应进行不同负荷下的锅炉效率试验,拟合出锅炉效率-负荷曲线及相应的函数,代入该模型的发热量计算公式中。若最大负荷时的锅炉效率与最小负荷时的锅炉效率不超过 2%,则可取为定值,因此锅炉效率本身的不确定度可取为 2%。

(2) 电厂上报的原煤发热量及煤泥/煤矸石发热量亦为影响燃料比计算的重要因素,目前国家标准要求煤质分析发热量的测量误差不应超过 418.7 kJ/kg,因此这 2 项数值的不确定度可取为 3.3%。

(3) 其余各项均为实测数据,按蒸汽流量不确定度 0.288%、燃料流量不确定度 0.538%、蒸汽压力 0.25%、蒸汽温度 0.5% 计。汇总后计算得到计算模型不确定度,如表 1 所示。

表 1 计算模型不确定度

序号	参数名	影响系数 A	不确定度 B/%	C=A×B	C ²
1	主汽流量	1	0.288	0.288	0.083
2	主汽压力	0.08	0.25	0.02	0.0004
3	主汽温度	0.51	0.5	0.255	0.065
4	给水温度	0.52	0.5	0.26	0.0676
5	给水压力	0.01	0.25	0.001	0.000001
6	汽包压力	0.01	0.25	0.0025	0.00000625
7	燃料流量	1	0.538	0.538	0.2894
8	锅炉效率	1	2	2	4
发热量不确定度 $u(Q_r) = \sqrt{\sum C_i^2} = \sqrt{4.505} = 2.123\%$					
9	原煤发热量	1	2	2	4
10	煤矸石发热量	1	3.3	3.3	10.89
燃料比不确定度 $u(f) = \sqrt{\sum C_i^2} = \sqrt{19.397} = 4.404\%$					

3 监测实施

3.1 系统建设

应用上述监测模型,建设了江苏省资源综合利用电厂管理信息系统,整个系统从架构上可分为数据采集、数据传输和主站软件 3 个模块。

3.1.1 数据采集

数据采集主要采用 DCS 系统直接采集方式,即

在电厂 DCS 系统上扩展一个通信接口,在 DCS 内增加组态,计算所需数据,并按照特定协议(例如 CDT 规约)从通讯接口输出所需的所有数据。

对于部分年代过早且无 DCS 控制系统的机组,只能采取数据采集终端的方式,即从电子设备间的设备接线端子上对信号进行扩展,就近安装数据采集终端,采集现场变送器各种信号数据。

3.1.2 数据传输

数据传输主要采用 GPRS 无线传输方式,电量电负荷数据则通过负控终端转发得到。

3.1.3 主站软件

主站软件采用 B/S 多层分布式架构,中间层采用支持 J2EE 技术的应用服务器,业务逻辑封装在应用服务器中,客户端通过中间层访问后端的数据库,这种系统结构具有良好的系统稳定性、可拓展性和可维护性。

3.2 实施效果

该系统自从在江苏省掺煤燃烧的资源综合利用电厂全面实施后,已接入 39 家电厂,共计 79 台机组,总装机容量达 2 004 MW。

系统建设完成后,实现了掺煤燃烧的资源综合利用机组的实时在线监测,以柱状图和折线图的方式展示每日燃料比和发热量的数值,与国家政策考核值进行比较。

某煤泥机组查询时段(2010年5月1日至31日)月度燃料比柱状图如图 1 所示,国家政策达标值为 60%,查询时间段内的平均燃料比为 77.93%。

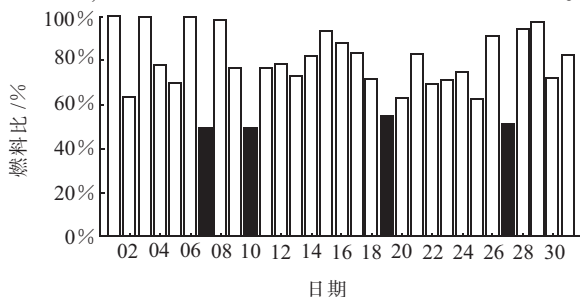


图 1 燃料比柱状图

月度燃料低位发热量折线图如图 2 所示,由于煤泥机组无发热量考核值,采取燃料比为 60% 时的计算发热量作为达标值。查询时间段内的平均计算发热量和平均合格发热量分别为 16 179.50 kJ/kg 和 17 128.25 kJ/kg。

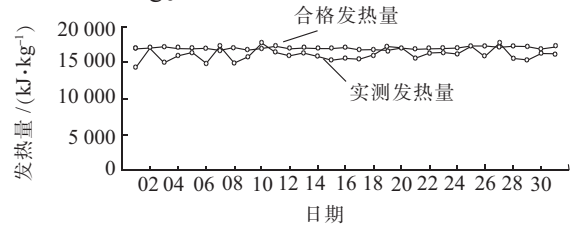


图 2 发热量折线图

根据计算得出的入炉燃料比、入炉燃料低位发热量等指标情况,系统建立了江苏省资源综合利用电厂管理信息系统运行监测月报制度,并配合政府相关部门制定了行之有效的考核管理办法,以求进一步规范省内资源综合利用电厂的运行,促进全省资源综合利用事业健康发展。

4 结束语

通过对国家有关资源综合利用发电政策的研究,确定了掺煤燃烧的资源综合利用机组的燃料比和入炉燃料低位发热量等考核指标及其在线监测模型,并应用该模型建设了管理信息系统,实现了对该类机组的实时在线监测和规范化管理,加强对资源综合利用机组的监督,达到鼓励真正的资源综合利用发电的目的。

参考文献:

[1] DL/T 904—2004,火力发电厂技术经济指标计算方法[S].

作者简介:

宋煜(1979-),男,江苏南京人,工程师,主要从事计量自动化相关工作;

周强(1973-),男,湖南娄底人,高级工程师,主要从事火力发电在线监测方面的研究工作;

张友卫(1986-),男,云南马关人,助理工程师,主要从事火力发电在线监测方面的研究工作。

Research on the On-line Monitoring Technology Adopted by Resources Comprehensive Utilization Power Generation Plant

SONG Yu¹, ZHOU Qiang², ZHANG You-wei¹

(1. Jiangsu Fangtian Electric Power Technology Co.Ltd., Nanjing 211102, China;

2. Jiangsu Electric Power Research Institute Co.Ltd., Nanjing 211103, China)

Abstract: According to the relevant state regulations, the main assessment index of resources comprehensive utilization power plant using mixed coal combustion technology is determined. With the application of the boiler efficiency calculating method, the on-line monitoring model of fuel ratio and low calorific value of fuel into the furnace is established. Based on the model, a management information system is constructed which realizes the online monitoring and standardization management of the resources comprehensive utilization power plant.

Key words: resources comprehensive utilization; on-line monitoring; fuel ratio; low calorific value of the fuel into the furnace