

# 电厂入炉煤皮带秤的测量精度分析

郭剑锋

(江苏射阳港发电有限责任公司,江苏 射阳 224346)

**摘要:**发供电煤耗是考核机组运行性能最主要的指标,而皮带秤计量的准确性是其核心之一。以提高电站煤耗管理准确性为目标,结合某电厂实际输煤系统,重点分析了入炉煤皮带秤的准确性的影响因素,并在介绍测量数据处理方法的基础上,利用现场数据计算说明如何判断皮带秤的准确性。

**关键词:**正平衡;煤耗;皮带秤;精度

**中图分类号:**TH715.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2014)03-0078-03

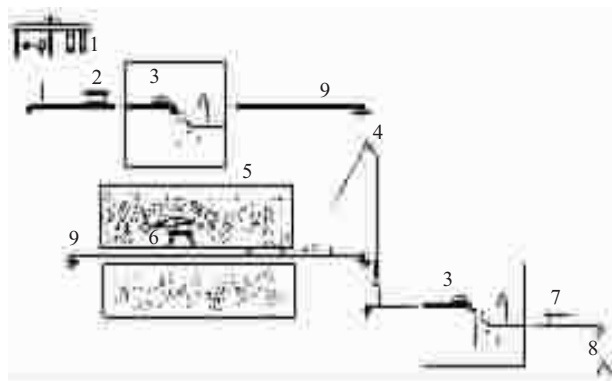
发供电煤耗是考核机组运行性能最主要的指标。按照规定,火电厂发供电煤耗统一以入炉煤计量煤量和入炉煤机械取样分析的低位发热量为基础,进行正平衡煤耗计算。目前火电厂普遍使用电子皮带秤作为测量设备对入炉煤煤量进行计量,在皮带输送机输送固体散状物料过程中,对物料进行连续自动称重计量,已成为固体物料连续自动称重主流计量系统。而皮带秤计量的准确性是正平衡煤耗能否正常开展的核心问题之一。某公司5号炉投产后,月度盘煤时进、用、存煤情况一直不平衡。在进行多次分析后判定为入炉煤皮带秤计量存在问题,煤场出库数值存在较大偏差,从而导致煤耗数据偏离真实水平。虽然进行了入炉煤计量装置校验,但月度盘盈亏时常出现秤的计量数据偏差情况。文中分析了入炉煤皮带秤准确性的影响因素,并利用现场数据计算结果说明如何判断其准确性。

## 1 系统及运行情况

某火电企业燃料系统如图1所示,煤船上的煤由卸船机1取下,经皮带9送到斗轮机6在煤场5进行堆放或者进煤仓8存放,中途需经过多个转运站3和三通、落煤筒4,卸煤时的煤计量由入厂煤皮带秤2进行计量。斗轮机6可以将煤向煤场5堆放煤,也可以从煤场5取煤通过皮带9送到煤仓8,当向煤仓上煤时由入炉煤皮带秤7进行计量。入厂煤皮带秤配有实物校验装置,满足日常校验工作的需要。入炉煤配备了循环链码校验装置,无实物校验设备。

## 2 入炉煤皮带秤误差情况与监控方法改进分析

皮带秤作为一种动态衡器,其测量过程受工作原理、外界环境的影响,干扰测量精度的原因较多,误差比静态的衡器要大。皮带秤的误差以质量单位表示,为皮带秤累计显示器示值的增量与通过皮带秤物料



1 卸船机; 2 入厂煤皮带秤; 3 转运站; 4 三通、落煤筒; 5 煤场; 6 斗轮机; 7 入炉煤皮带秤; 8 煤仓; 9 皮带机

图1 燃料系统

的质量约定真值之差。可用绝对误差和相对误差表示:

$$E = x - \mu \quad (1)$$

$$RE = \frac{x - \mu}{\mu} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $E$ 为绝对误差; $x$ 为观测值; $\mu$ 为真值; $RE$ 为相对误差。其中相对误差能更好地反应测量结果的准确率。皮带秤测定过程中主要误差源分析如下。

(1) 系统误差:系统误差是测量过程中的主要误差,其数值相对稳定,在测定过程中有一定规律性,可以修正,多次测量取平均值后其值趋向于某一值。如测量装置特性的变化、零位不准、输送机的振动导致的测量误差。

(2) 随机误差:随机误差是在测定过程中不可控偶然因素导致的,数值变化不定,不可校正。其虽然不可避免,但其测定数值表现为以平均值为中心对称分布,数值波动不会超过某一值,小误差出现次数多,大误差出现次数少,多次测量取平均值后值趋向于0。主要是环境因素导致的误差,如偶发电磁干扰、风力、潮湿、尘土、温度等因素导致的测量误差。

(3) 过失误差:测定过程中由于人为因素、装置不合格等原因导致的误差,无规律可循,经常表现为值异常变化,可以通过过程控制,严格执行标准可避免。例

如安装工艺不好、物料输送方式不正常引起过量的附加误差;皮带的纵向张力应变化、张紧装置受温度、磨损或载荷的影响造成打滑;未定期做好检定调整工作。

值得注意的是,如果维护管理不到位,会导致部分随机误差和过失误差常态化存在,在数值特征上表现为系统误差的特点,影响计量准确性,进而误导数据统计分析。

减小皮带秤系统误差的方法有:保证测量装置使用环境符合要求;定期对皮带秤进行维护;定期检验测量装置,对测量装置的数据与更可靠的设备进行测量比对;对测量结果进行分析,修正测量参数,减小对测量的影响。其中,对测量装置的数据与更可靠的设备进行测量比对,即实物校验工作尤其重要。

按照有关设计规范要求<sup>[1,2]</sup>,皮带秤应该配有实煤校验装置,即使使用循环链码校验合格的皮带秤,也应当定期进行实煤校验。上述系统中入炉煤皮带秤没有配备料斗秤校验装置,无法进行实煤校验工作。通过对现场设备系统进行分析,考虑使用入厂煤皮带秤作为控制衡器,对入炉煤皮带秤进行实物校核。

入厂煤皮带秤配有的实物校验装置,为1台精度更高的料斗秤<sup>[3]</sup>,可以对入厂煤皮带秤进行校验检查,确保计量可靠,其计量数据可以与燃料供应部的港口发货数据、水尺测量数据对比,对计量偏差进行动态监督。所以,入厂煤皮带秤作为全厂的煤计量监控点是可靠的,满足作为入炉煤的控制衡器条件。同时在系统连接方式上,具备使用入厂煤皮带秤对入炉煤皮带秤进行校验的条件。其主要问题是:两者之间流程长,受沿途煤散落、煤粘附在设备上或者从设备上脱落返回煤流、雨水等影响多,必须对测量结果数据进行分析,确认其准确性。一般要对异常数据进行离群值分析和试验数据的准确性分析,在确认数据正常后,采取多次测量数据取平均值得方法,获得对比试验数据的偏差平均值与标准差,作为正常的监控指标。试验重复的次数越多,估值越接近真实值。通过这些手段,减小测量中干扰因素的影响,保证测量数据的准确性。

### 3 皮带秤校验数据的数理分析

上述方法实际就是对误差进行测定,观测计量值与真值之间的差值。判定一组试验数据的测量误差时可以用2个指标说明,即反映数据集中特征的平均值 $\bar{x}$ 和反映数据分散特征的标准差 $S$ 。

在进行校验数据分析<sup>[4]</sup>时,有些数据值偏离平均值较大,对平均值和标准差的计算皆有较大影响,难以对试验结果的准确性进行评价。对试验数据进行离群值检查,剔除异常数据,然后使用 $t$ 检验法对数据准确性进行分析。

#### 3.1 试验数据中异常值的去除

异常数据分析采用格鲁布斯法(Grubbs)。该方法主要用于均值一致性检验和去除离群值。其过程如下。

(1) 将样本数据按从小到大次序进行排列。

(2) 分别计算总平均值 $\bar{x}$ 和标准差 $S_x$ :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

当 $n \gg 1$ 时,式(4)可简化为:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

式中: $n$ 为试验次数; $x_i$ 为各次测量值; $\bar{x}$ 为各测量值的平均值; $S_x$ 标准差。

(3) 可疑值为最大均值 $\bar{x}_{\max}$ 时,则统计量 $T$ 值为:

$$T = (\bar{x}_{\max} - \bar{x}) / S_x \quad (6)$$

(4) 对给定的数据进行计算。

(5) 根据显著性水平 $\alpha$ 及测定数据的组数, $\alpha$ 一般给定为0.05,由Grubbs临界值 $T_\alpha$ 表查出临界值 $T_\alpha$ 。

(6) 查表得到确认剔除水平 $T_{0.01}$ 。

(7) 判断方法:如果 $T > T_{0.01}$ ,则可判断可疑数据为离群均值,予以剔除;如果 $T_{0.05} < T < T_{0.01}$ ,可疑数据为偏离群值,如果 $T \leq T_{0.05}$ ,则可判断可疑数据为正常数值,应保留。

#### 3.2 试验数据精密度与准确度分析

异常数据剔除后,判断检查结果的精密度和准确度是否满足要求,这里使用 $F$ 检验法和 $t$ 检验法。 $F$ 检验法可以用于不同测量条件下测定的2组数据是否有相同的精密度。在精密度合格的情况下,使用 $t$ 检验法进行准确度检验, $t$ 检验法常用于对被测量体系平均值与真值的比较。

##### 3.2.1 $F$ 检验法程序

(1) 求 $F$ 值:

$$F = s_1^2 / s_2^2 \quad (7)$$

式中: $s_1^2, s_2^2$ 分别为2组测定的方差,且 $s_1^2 > s_2^2$ 。

(2) 检查2组数是否有显著性差异,用双侧检验,查 $F$ 临界值表得到 $F_{\alpha/2}$ 值。

(3) 判断:当计算的 $F < F_{\alpha/2}$ ,说明2组数据没有显著性差异,否则说明数据明显不同。

##### 3.2.2 $t$ 检验法程序

(1) 计算统计量 $t$ 值:

$$t = \left( \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{n}} \right) / S \quad (8)$$

式中： $\mu$  标准值，此处为 1； $n$  测定次数。

(2) 由  $t$  值表查得  $t_{0.05}$  值。

(3) 比较  $t$  值与  $t_{0.05}$  值，如  $|t| < t_{0.05}$ ，说明两者之间无显著差别，测量结果正确；如  $t_{0.05} < |t| < t_{0.01}$ ，说明测量值有显著差异；如  $|t| > t_{0.01}$ ，说明有非常显著差异。

#### 4 实例计算

采用入厂煤皮带秤作为控制衡器，对入炉煤皮带秤进行实物校验，试验数据如表 1 所示。

表 1 皮带秤计量数据与偏差情况

试验次数	入厂煤计量值/t	入炉煤计量值/t	偏差率/%
1	275	276	0.36
2	256	258	0.78
3	322	325	0.93
4	359	362	0.83
5	248	249	0.04
6	472	474	0.42
7	488	488	0.00
8	630	633	0.04
9	541	545	0.02
10	407	402	-1.24
11	694	697	0.03
12	632	633	0.16

##### 4.1 离群值数据分析

表 1 中，样本量  $n=12$ ，计算可得： $\bar{x}=0.1975$ ， $S_x=0.5799$ ， $(S_x)^2=0.3363$ 。假设可疑值为最大值  $\bar{x}_{\max}$  时，则  $T_{\max}=1.263$ ；假设可疑值为最小值时，则  $T_{\min}=4.615$ ；根据显著性水平  $\alpha$  及测定数据的组数，由 Grubbs 临界值  $T_\alpha$  表查出临界值  $T_\alpha$ ，本例中： $m=12$ ， $\alpha=0.05$ ，查表  $T_{0.05,12}=2.285$ ；确认剔除水平  $T_{0.01,12}=2.550$ ；比较  $T_{\min}=4.615 > T_{0.01,12}$ ，所以判断可疑数据 -1.24 为离群均值，予以剔除；再查较大的数据 0.00， $T_{\min}=0.928 < T_{0.01,12}$  为正常数值，应保留。比较  $T_{\max}=1.033 < T_{0.05,12}$ ，所以 0.93 判为正常数据，予以保留。

##### 4.2 数据的精密度分析

上述数据剔除异常值后计算得到： $s_1=449$ ， $s_2=447$ ， $s_1^2=26993$ ， $s_2^2=26890$ ； $F=1.004$ 。此为双侧检验， $f_1=f_2=6$ ，查  $F$  临界值表得到  $F_{\alpha/2}$  值， $F_{\alpha/2}=4.284$ 。判断：当计算  $F=1.004 < F_{\alpha/2}$ ，2 组数据没有显著性差异。

##### 4.3 数据的准确度分析

计算得： $t=0.3827$ ，为双侧检验，由  $t$  值表查得  $t_{0.01}=2.086$ ， $t_{0.01}=3.169$ 。 $|t|=0.3827 < t_{0.01}$ ，两者之间没有显著性差别，测量结果准确。

#### 5 实施情况

按照该方法，设备主管部门在现场进行了多次试验。通过入厂煤皮带秤与入炉煤皮带秤对比得到数据，发现数据异常，结合现场分析，及时发现了皮带秤零点漂移过大、测量装置打滑、校验方法过程不合理等问题，并及时进行处理。同时试验中逐步总结经验，使试验方法更加规范，最终形成完整的试验规定，作为定期的制度进行执行。

#### 6 结束语

开展入厂煤皮带秤与入炉煤皮带秤对比工作后，入炉煤皮带秤的计量数据同比入厂煤的计量数据准确性，有了较大的提高。入炉煤皮带秤的精确度能达到一级秤规定的误差要求，基本满足了日常煤耗管理要求。

##### 参考文献：

- [1] 中华人民共和国国家经济委员会. DL 5000—2000 火力发电厂设计技术规程[S]. 北京:中国电力出版社,2000.
- [2] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. DL/T 5187.1—2004 火力发电厂运煤设计技术规程[S]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 195—2002 连续累计自动衡器(皮带秤)[S].
- [4] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化委员会. GB/T 4883—2008 数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理[S].

作者简介：

郭剑锋(1975),男,江苏盐城人,助理工程师,从事火电厂技术管理工作。

### Analysis on the Measurement Accuracy of Belt Conveyor Scale

GUO Jianfeng

(Jiangsu Sheyanggang Power Generation Co. Ltd., Sheyang 224346, China)

**Abstract:** The most important indicator in the assessment of unit operation performance is coal consumption of electricity generation and supply, which largely depends on the accuracy of belt scales. In order to improve the accuracy of power station coal consumption management, this paper mainly analyze the factors that affect the accuracy of belt scale of the furnace-entering coal based on the coal handling system employed in one power plant. The method used to process the measurement data is presented and based on that a method for determining the accuracy of belt scale through calculation employing field data is proposed.

**Key words:** direct balance; coal consumption management; belt conveyor scale; accuracy