

电子皮带秤的发展趋势

昆明有色冶金设计研究院 方原柏

【摘要】 电子皮带秤是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的一种计量设备，近年来发展很快，已成为固体物料连续自动称重主流计量设备，本文从以下方面概述了电子皮带秤的发展趋势：传感器、秤架、二次仪表、安装、检定和试验。

【关键词】 电子皮带秤 传感器 秤架 二次仪表 安装 检定和试验

一、前言

电子皮带秤是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的一种计量设备，它可以在不中断物料流的情况下测量出皮带输送机上通过物料的瞬时流量和累积流量。

1908年，美国一个年轻人赫尔伯特·梅里克（Herbert·Merrick）发明了一种皮带输送机使用的称重设备，据称那是世界上第一台根据皮带速度和重量用机械方法进行计算的动态称重设备，这一发明完全改变了原有测量固体物料流量的方法。这种根据重力测量固体物料流量的设备后来被称为梅里克型机械式皮带秤。赫尔伯特·梅里克用这项发明成立了梅里克（Merrick）公司，开始生产皮带秤[1]。我们在德国申克（SCHENCK）公司的历史回顾资料中，曾看到“1902年，皮带秤”这一段产品编年史，表明该公司1902年就有皮带秤产品，但未看到更详细的叙述。

国外从上世纪五十年代开始使用电子皮带秤，国内则从1965年开始研制生产电子皮带秤。时至今日，虽然核子皮带秤、固体质量流量计、冲量式流量计、失重式秤、转子秤等多种固体物料连续计量设备也有一定规模的应用，但他们仍无法与电子皮带秤抗衡，也无法撼动电子皮带秤作为固体物料连续自动称重主流计量设备的地位。

本文将从以下几个方面介绍电子皮带秤的发展现状：传感器、秤架、二次仪表、安装、检定和试验。

二、传感器

电子皮带秤的传感器包括测量秤架上物料瞬时重量的称重传感器、测量皮带行程的位移传感器（又称测量皮带速度的测速传感器）、测量皮带倾角的倾角传感器及测量皮带相对位置的位置传感器等等。当皮带输送机倾角固定不变时，称重传感器及位移传感器两个信号的乘积就是物料的瞬时流量；当皮带输送机倾角可能改变时，称重传感器及位移传感器两个信号乘积所得的物料的瞬时流量要用倾角传感器的信号进行修正；位置传感器是用来确定皮带相对位置。

称重传感器的结构形式有电阻应变式、压磁式、差动变压器式、电容式、压电式、振弦式等等。电阻应变式称重传感器因制作简单、工艺成熟、精确度高（最高精确度目前可做到非线性、重复性、滞后指标优于 0.01%），一直占据 90% 以上的称重传感器市场份额，国内市场几乎是电阻应变式称重传感器的一统天下。

测速传感器的结构形式有磁阻脉冲式、光电脉冲式、霍尔效应式、磁敏式等多种形式，测量精确度较高的可达到 0.05%，分辨率可达到 0.0001m/s。

公式计算表明：当皮带输送机水平安装时，秤架上安装的称重传感器所受的力与皮带输送机以倾角 α 安装时相比相差 $\cos \alpha$ 值。

例如， $\alpha = 15^\circ$ 时， $\cos \alpha = 0.966$ ，两者相差 3.4%，这样大的差值对于皮带秤来说是绝对不允许的。所以当皮带输送机倾角 α 改变时，皮带秤需要重新进行检定和试验。在某些应用里，皮带输送机的倾角是不固定的，比如原料场中使用的移动式皮带输送机，它可能随料堆的高度而变换角度，在这种情况下，随时重新进行检定和试验几乎是不现实的，所以必须在皮带秤的称重系统中增加倾角传感器以测量皮带输送机的倾角 α ，然后在二次仪表中计算出 $\cos \alpha$ 值，最后用 $\cos \alpha$ 值对称重传感器输出值进行补偿。

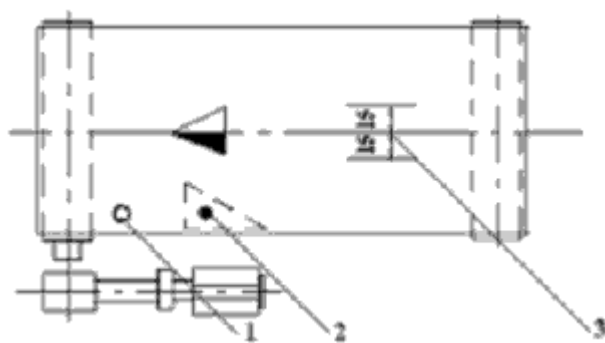
据 System Equipment 公司介绍，该公司的倾角传感器的补偿范围是 $0^\circ \sim 30^\circ$ ，补偿的效果是可以将补偿前造成的误差减少到 1/50，典型的数值是可将因皮带输送机倾角变化所造成的误差减少到 0.15%。

倾角传感器类型有磁阻力型、重力加速度型等等。

位置传感器用来确定运行中皮带在纵向（沿长度方向）和横向（沿宽度方向）的相对位置，多采用磁敏传感器或接近开关。

磁敏传感器是对磁性敏感的传感器，在电子皮带秤的应用中可将小磁铁嵌入皮带表面，磁敏传感器则固定装在距离皮带上表面约 10mm 的相应位置上，小磁铁和磁敏传感器一起组成皮带位置传感器。当嵌有小磁铁的皮带运行到磁敏传感器下方时，磁敏传感器发出脉冲信号。

德国申克公司在配料皮带秤上的环形无缝皮带内嵌入三角形金属感应装置 2，通过感应头 1 可以自动监测皮带的跑偏和打滑（见图 1）。



1. 感应头；2. 皮带内嵌金属感应装置；3. 允许跑偏范围

图 1 皮带跑偏的自动监测

位置传感器的功能有：确定皮带整数圈、绝对值调零、皮带打滑检测报警、皮带跑偏检测和调节。

电子皮带秤传统的称重传感器、位移传感器在不断提高性能，以振弦式为代表的新型数字称重传感器也崭露头角；而类似倾角传感器、位置传感器这样一些适应皮带秤新功能的传感器也将得到更多的应用。

三、秤架

秤架的结构形式有单杠杆式、双杠杆式、悬臂式、悬浮式等多种结构形式。

笔者曾采用响应特性曲线分析方法对多种秤架结构进行分析比较，结论是多托辊秤架优于各种单托辊秤架，悬浮式秤架特性优于其它各种结构形式的秤架。比如美国拉姆齐（RAMSEY）公司同有4组称量托辊的秤架中，17型双杠杆式精确度指标为0.25%，而14型悬浮式精确度指标为0.125%。对多种秤架的重量进行比较后的结论是：同样托辊组数的多托辊组合悬浮式秤架要比双杠杆式秤架轻40%，比多托辊整体悬浮式秤架轻30%。

悬浮式秤架包括直接承重式秤架、多托辊组合悬浮式秤架和多托辊整体悬浮式秤架。直接承重式秤架近年来得到较多的应用。美国输送称重（Convey Weigh）公司的CW-1i型直接承重式秤架采用了非常简单的结构，通过U形卡2将称重托辊1固定在固定架上，秤架的横梁与固定架之间采用2个悬臂梁式称重传感器3连接（见图2）。



图2 输送称重公司的CW-1i型直接承重式秤架

该公司还可提供2、3、4个CW-1i型单托辊直接承重式秤架构成的组合悬浮式秤架（见图3），该图可以看到不论称重托辊组数是多少，位移传感器都只有一个。



图3 输送称重公司单托辊秤架灵活构成的多托辊组合悬浮式秤架

电子皮带秤秤架的发展趋势可以归纳为以下几点：单杠杆式秤架因抗干扰能力差，精确度低，使用越来越少；悬臂式秤架仅局限于部分称重给料机使用，使用量很少；双杠杆式秤架虽然使用还多，但似乎已经风光不再；直接承重式单托辊秤架已经大量应用在计量精确度要求不高的场合，其优点也为用户逐渐接受；悬浮式秤架结构简单、安装方便、精确度最高、稳定性最好，成为电子皮带秤秤架发展的热点，而由直接承重式单托辊秤架构成的多托辊组合悬浮式秤架似乎成为热点

中的亮点。

四、二次仪表

二次仪表的发展趋势可以归纳如下：

1. 功能增多。

从上世纪八十年代起，微机数字式皮带秤就开始取代常规模拟皮带秤二次仪表了。其特点除了计算精确度远远高于常规模拟皮带秤二次仪表外，功能丰富也是其主要特点。

2. 面板简化。

新一代的微机皮带秤在外形尺寸减少的同时，显示面板的尺寸增大，而操作键数量已减至最少。

3. 显示内容丰富。

显示功能由模拟指针显示向数字显示方向发展，由单功能显示器向 1 至 3 个多功能显示器方向发展，由文本显示器向图形显示器方向发展，由单色显示器向彩色显示器方向发展，由按键操作向触摸屏操作方向发展。

美国梅里克公司的MC³二次仪表据称是世界上第一台带触摸屏显示器的皮带秤用二次仪表，它提供了用户友好界面、图形化LCD显示器及触摸屏操作方式。显示部分实际面积为 120mm×64mm，单色，240×180 点阵。可显示简单的模拟图画面，还可作趋势图显示（即参数记录曲线图）、参数及时间数字显示等等。

日本尤尼帕斯（UNIPULSE）公司推出 F805-BC 皮带秤用全彩触摸屏累计器，除了显示瞬时流量、累计流量、皮带速度，还可以显示当前参数的趋势曲线、运行状况、过程信息、报警信息等等（见图 4）。图中主画面以数字方式显示 4 个参数（其中 2 个还以棒状图方式显示）；信息画面显示称重状态和每个故障的简单信息；棒状图画面以棒状图方式显示 5 个主要的运行参数（皮带速度、重量密度、瞬时流量、负荷率、給料速率）。



a. 主画面

b. 信息画面

c. 棒状图画面

图 4 尤尼帕斯公司 F805-BC 全彩触摸屏累计器

4. 通讯总线化。

通讯功能强化也是智能化仪表的重要标志，通过 RS232、RS485、MODBUS 等方式进行多台

皮带秤联网、集中监控或与上位计算机系统通讯是大多数微机皮带秤已具有的功能，而采用 IEC61158 中规定的现场总线则是微机皮带秤最新的发展趋势。如可带 Modbus、Profibus-DP、DeviceNET、INTERBUS 等现场总线，这样很容易与 PLC、DCS 系统通讯。

5. PLC+HMI 构成二次仪表。

为了使皮带秤的二次仪表更快的跟上世界仪器仪表的发展步伐，国内一些皮带秤生产厂干脆放弃自己研制二次仪表的做法，而采用“短平快”方式以通用仪表构成皮带秤的二次仪表。国外很多厂家的产品，如瑞士哈斯勒公司、德国 Hauni 公司也早就这样做了。

五、安装

电子皮带秤的实际使用精确度除了与电子皮带秤本身的质量有关外，还取决于皮带秤安装位置的选定、皮带输送机的状况和安装质量。电子皮带秤质量再好，皮带秤安装位置选定错误或不恰当、皮带输送机的状况很差和安装质量低劣，这台电子皮带秤的实际使用精确度仍然很低。

安装位置的选定包括两个问题：一是在输送同一物料的几条皮带输送机中选择哪一条安装电子皮带秤，二是在选定的某条皮带输送机上安装在什么位置。

选择哪一条皮带输送机安装电子皮带秤需考虑以下几点：不同皮带输送机的给料均匀性、皮带速度、皮带输送机的长度、皮带输送机断面形状、皮带输送机的倾角、托辊的槽形角、直线段长度、皮带拉紧装置、下料点、卸料设备、秤架支承等等。

选择秤架安装在皮带输送机上位置需考虑以下几点：皮带张力值小及皮带张力变化值小的地方、物料在进入称量长度之前应该在皮带上稳定下来不应该发生下滑现象、在皮带输送机的直线段部分、远离卸料犁、离卸料点一定距离。

安装过程中的调整最重要的是准直性校准和托辊间距校准，准直性校准要求是：秤架上的称重托辊与其相邻的托辊相比不存在高差，并要求与其相邻的 2 组~3 组托辊等高；要求称量影响区域托辊的高度高于称量影响区域之外的托辊，这个高度可以选为 3~5mm；准直性校准允许误差对高精度的皮带秤来说，可要求 0.5mm，通常可要求 1mm；在调整过程中，应使称重托辊处的误差值稍偏正，即比相邻托辊稍高一点（如 0.5mm）。托辊间距校准的要求是：秤架上的称量托辊及与之相邻的前后各 2~3 组托辊间距相等。

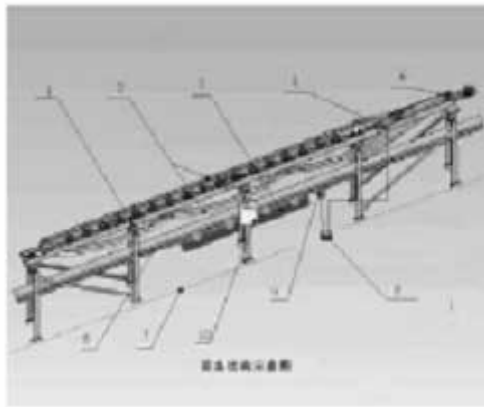
越来越多的厂家重视电子皮带秤的安装工作，用户也更多的了解电子皮带秤安装的技术要求。

六、检定和试验

电子皮带秤作为一种动态连续计量仪表来说，其使用的精确度除了与产品质量、安装位置和安装质量有关外，还与周期性的检定和试验制度密切相关。检定和试验方式合理及检定和试验周期较短的检定和试验制度，有利于提高电子皮带秤的使用的精确度。

在最新的国家计量检定规程 JJG195-2002 中，除了物料试验外，作为运行检验装置可以采用砝码、挂码、标准电信号模拟单位长度恒定载荷的效果，可以采用模拟载荷装置（循环链码、链码、小车码）模拟物料通过皮带秤的效果。

循环链码是将具有一定长度、一定重量的链块连接成一个封闭的矩形圈，矩形圈上方的链块仍由滚筒支撑。检定和试验时，通过电动机将矩形圈下方的链块放到皮带秤的称量段上，由于链块下方是平面型的，当皮带运行时，皮带的摩擦力带动链块同步运行，链圈也随之转动，循环链码的总重量乘以循环链码转动的圈数即为检定和试验总重量，当检定和试验工作完成后，由电动机将链码提升，使之离开皮带。



1. 支架；
2. 码块链条；
3. 皮带秤的秤架；
4. 称重传感器；
5. 升降系统；
6. 皮带；
7. 地面；
8. 检验累计器；
9. 位移传感器；
10. 电控箱

图 5 循环链码结构示意图

铜陵市三爱思电子公司、浙江纪铭公司等近年来一直致力于新型检定和试验方法的摸索和研制，其中空料段链码试验、物料砝码叠加试验均已经取得阶段成果。

空料段链码试验系统由链码、链码收放装置、具有试验软硬件功能的皮带秤二次仪表、PLC 可编程序控制器、自动建立一段空皮带的传感器及清扫装置等组成。在皮带输送机正常输送物料的过程中，当 PLC 系统探测到皮带上的固定触发点时发出指令，皮带输送机的给料电机停止，当输送皮带运行“L”距离时，PLC 重新启动给料电机，在给料电机停止及重新启动的同时，PLC 控制链码收放装置将链码准确地平放在 L 段上。当整条链码通过称量长度后，PLC 又控制链码收放装置将链码收取上来，在这个过程中，皮带秤二次仪表取其中一段进行称重采样，采样结果储存并自动的与链码的标准重量进行比较。也就是说，通过 PLC 的控制使长度为“L”段上的皮带为空料，而长度比“L”段稍短的链码由链码收放装置控制施加在皮带秤上，即标准载荷是在布满物料的输送皮带的特定空料段上替代该空料段上的物料进行试验，从而达到相当于物料试验的目的。

据正在研制该系统的铜陵市三爱思电子有限公司介绍，试验时，链码的长度为 12m，单位长度重量为 100kg/m，而“L”段长度为 13m。

物料砝码叠加试验法是在一台皮带机上安装 2 台性能相同的皮带秤，两台皮带秤相距 2~3 组

托辊的距离,并事先将 2 台秤的误差值和误差方向调整在基本相同的范围内,试验时正常输送物料,并在检定皮带秤的秤架上加标准载荷(棒状砝码或循环链码),此时被检二次仪表和检定二次仪表同步累计并获得皮带运行整数圈时累计量的差值 G ;按有关公式计算出调整系数 K ,该系数为检验皮带秤的调整系数,由于 2 台皮带秤此时的误差相同,因此该系数也等于待检皮带秤的调整系数。

其它方式的模拟载荷试验都是在空皮带的状况下进行,只能模拟皮带输送机整个输送面上某一段物料输送状态,产生不了实际生产过程中皮带输送机整个输送面上布满物料时那么大的皮带张力,因此模拟试验、模拟载荷试验,甚至是模拟实际物料运行程度最高的循环链码试验,与物料输送状态仍存在一些差别。

但空料段链码试验、物料砝码叠加试验两种方法是在不改变皮带机整个输送面的物料输送工况下自动地对皮带秤进行动态检验,这是传统的模拟载荷检验无法做到的检验模式,因而置信率高。

参考文献

- (1) Merrick. Belt Conveyor Scale Model 475. 1997。

作者通讯地址: 昆明东风东路 48 号有色冶金设计研究院

邮政编码: 650051

E-mail: Fangyb42@sina.com