

# 皮带秤技术现状及发展趋势

赛摩电气股份有限公司 厉达 何福胜

摘要：本文叙述了皮带秤的技术现状和发展趋势，介绍了新版 R50 国际建议的特色，阐明了皮带秤未来发展的三个关键技术和难点，并对皮带秤物料叠加自校准技术进行了论述。

关键词：皮带秤 准确度 耐久性 校准方法 物料叠加自校准技术

## 一、概述

皮带秤作为连续累计称重的自动衡器，应用在输送散状物料的皮带输送机系统中。据统计 2011 年我国年产煤 35 亿吨，进口煤 2 亿吨，年产矿石 13 亿吨，进口矿石 6.9 亿吨，仅上述的两种物料在生产和使用二个环节上均需经过皮带秤进行计量，可见使用量之大。随着国家节能降耗战略的实施，煤炭作为主要能源的计量监测管理受到更加重视。同时，随着煤炭、矿石价格的升高，它的计量准确性和可靠性愈加重要。

皮带秤自发展以来经历了机械式皮带秤、电子式皮带秤，现已开始进入智能型皮带秤时期。第一代皮带秤是纯机械式，通过杠杆传力，显示为机械计数器；随电子工业的发展，应变式称重传感器及微处理器的出现应用，皮带秤进入第二代电子皮带秤；新一代智能型皮带秤是在电子皮带秤的基础上通过数字化、网络化、智能化等技术大大提高了计量系统的准确性和可靠性，并通过计量信息的交互实时在线监测、在线校准，称量与校准一体化等技术增强了皮带秤的耐久性。

目前，皮带秤执行的国家标准主要依据国际法制计量组织 OIML、R50《连续累计自动衡器（电子皮带秤）》国际建议 1997 年版，国际法制计量组织自动衡器秘书处已开始研究讨论修订皮带秤国际建议。该国际建议 2011 年 4CD 版已对外征求意见，皮带秤技术的发展促进了国际建议的发展。

## 二、皮带秤装置

皮带秤装置主要由称重承载器（称重秤架）、位移传感器和称重仪表三部分组成，以下分别按三种主要部件叙述。

## 1、皮带秤称重承载器（称重秤架）

称重承载器（称重秤架）主要由称重传感器和支承托辊的钢梁构成，支承托辊将皮带输送机上的物料重量经钢梁传递给称重传感器，称重传感器将物料重量信号发送到称重仪表。

皮带秤按称重承载器分为秤架式皮带秤和输送机式皮带秤，前者秤架作为输送机的一部分，后者秤架包括一台完整的输送机（又称称重给料机），本文重点叙述前者秤架式皮带秤。

根据国际法制计量组织 OIML R50《连续累计自动衡器（电子皮带秤）》2011年 9 月 4CD 版，将称重秤架分为三类：全悬浮式秤架、模块式秤架、杠杆式秤架。

全悬浮式秤架：主要采用四个称重传感器，利用四点支撑二根纵梁，纵梁上安装 3-8 组托辊，典型的应用见图 1，托辊数量愈多计量精度愈高。



图 1：全悬浮秤架

模块式秤架（国内又称阵列式秤架）：主要采用一个或二个称重传感器与钢架一起，支撑 1 组或 2 组托辊，构成一个称重单元。该称重单元根据使用精度要求，可组成 1~16 组托辊秤架，典型的应用见图 2。

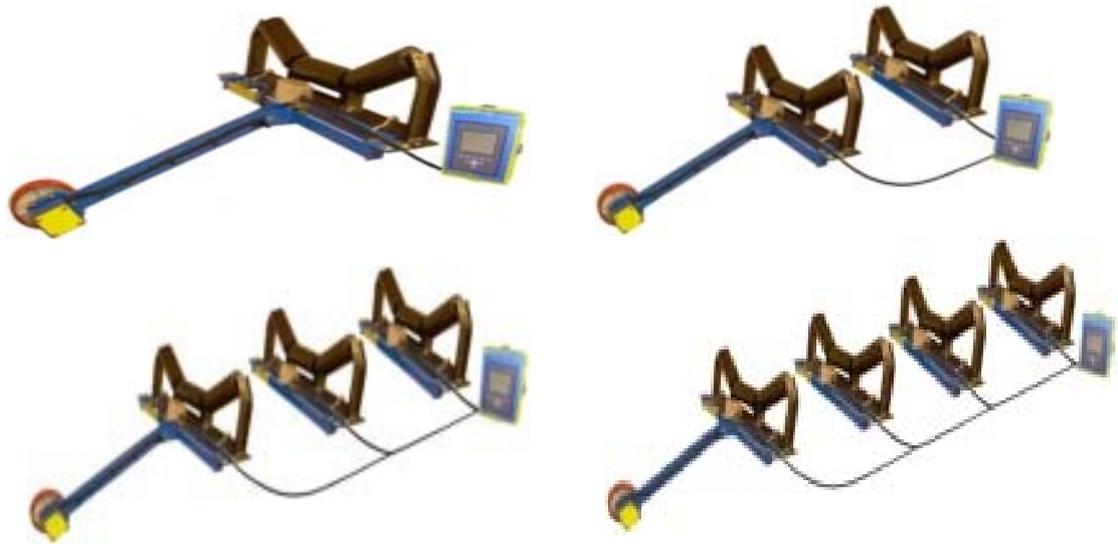


图 2：模块式秤架（阵列式秤架）

模块式秤架主要优点是现场组合方便，根据其使用精度，托辊的配置数量不同，单托辊秤架误差在 0.5%~2%，双托辊误差 0.5%~1%，三托辊误差在 0.5%~0.25%，四托辊秤架误差在±0.25%以上。对于 0.2 级皮带秤称重托辊数量在 6 组或 8 组以上，个别秤架托辊数量达到 16 组排成一阵列，又称阵列式皮带秤。

杠杆式秤架：主要采用一侧支点，另一侧称重传感器支撑，此种秤架随着称重传感器价格的降低应用愈来愈少。

## 2、位移传感器

位移传感器检测对应皮带长度位移信息，将通过秤架上的物料长度信息，送入称重仪表，位移传感器主要有磁阻脉冲式和光电脉冲式。位移传感器近年来变化不大。

## 3、称重仪表

称重仪表是将来自称重秤架上称重传感器的重量信号和位移传感器的长度信号进行处理得到输送物料累计重量。当今电子技术基础平台的发展为皮带秤仪表的设计迎来了广阔的空间，CPU 技术已经从 8 位发展到 32 位，系统主频也由十几兆达到几十兆甚至上百兆，AD 模数转换器也从 10 位上升到 24 位。SOC（片上系统）、DSP（数字信号处理）、CPLD（可编程逻辑器件）等新技术正逐步应用到皮带秤的仪表中。

称重仪表主要有专用型仪表及通用整机型。通用整机就是购买工业控制计算机、可编程序控制器等通用硬件平台，通过该硬件平台采集皮带秤的称重和速度等信号。专用型仪表主要基于微处理器开发的专用称重仪表，典型装置见图 3。



图 3：专用型称重仪表

软件是仪表的核心技术，由于仪表硬件平台的发展，实时嵌入式操作系统已经越来越多的应用到皮带秤仪表当中，彻底改变了过去简单的软件系统框架结构，大大提高了仪表系统功能和可靠性。数字滤波技术的采用消除皮带秤被测物料的冲击运动所产生的干扰，保证了皮带秤的称量精度。

赛摩创新发明的“三组累计量称重技术”通过仪表软件完成测量方式的不同组合，实现多称重传感器皮带秤某一称重传感器出现故障或异常，皮带秤仍然可以计量，提高了皮带秤计量的可靠性。

### 三、皮带秤校准新技术

基于皮带秤的称重工作原理是物料在皮带上，物料的重量经过皮带传递给秤架得到物料的重量，由于皮带的张力，皮带软硬程度等因素，导致皮带上物料重量不能真实传递给秤架。

安装在皮带输送机上的皮带秤，由于每一条皮带输送机的长度、宽度、速度、输送量，安装位置、震动、运转工况等情况均不相同，导致每一条皮带的张力、皮带的软硬程度等影响因素也不相同。这些影响因素又不能计算，只能通过物料校准进行补偿，也就是说安装的每一台皮带秤必须针对安装的那条皮带输送机上进行个性化物料校准补偿，才能得到准确的测量结果。

现场皮带输送机受使用条件的限制，很难采用物料校准方式对皮带秤进行校准补偿，往往采用挂码、链码、循环链码等模拟方式进行皮带秤校准补偿，而这

些模拟校准方式和皮带输送机运转时皮带上全部铺满物料，对皮带的张力、皮带的软硬程度等因素补偿差异较大。造成皮带秤虽经模拟校准，称重结果仍与实际称重存在较大误差。另外，皮带输送机在运行过程中机械特性（尤其长时间运行后）的变化，改变初始校准导致测量误差变大，皮带秤的长期稳定性不好。

为了解决物料校准不方便、不及时导致皮带秤计量误差大、长期稳定性差的问题，赛摩研发出物料叠加自校准技术。

物料叠加自校准技术，采用现场自动取料，用较少的物料经称重后，在皮带输送机正常输送过程中（整条皮带上铺满物料），随时可对皮带秤进行校准补偿，校准精度高，解决了现场不易实物校准、不能及时校准的难题。

物料叠加自校准技术工作原理，见图 4：

赛摩三桥物料叠加自校准技术是在皮带输送机上安装二组称重秤架，二组称重秤架之间装有缓冲托辊组，其上方安装有称重料斗。

安装在皮带机上的刮板取料机在皮带机输送物料的过程中，根据称重仪表设置定时取料，物料由螺旋输送机送入称重料斗。

需要校准时称重仪表控制称重料斗开门放料，此时第一组皮带秤架称量的是输送物料重量，第二组皮带秤架称量的是输送物料重量和称重料斗放下的标准物料重量，基于第一组皮带秤架与第二组皮带秤架通过的输送物料量（不含称重料斗的物料）相同，称重仪表将第二组皮带秤架得到的重量减去第一组皮带秤架得到的重量，得到称重料斗放出的标准物料重量值，此标准物料重量值与称重仪表自身显示的物料重量值进行比对，得出修正系数，按此修正系数修正称重仪表量程使之显示标准物料重量值。

根据需要定时进行比对、修正使皮带秤计量精度达到高稳定及准确。此时皮带输送机全长上铺有物料，校准工况接近于正常输送时工况，校准皮带秤的准确度最真实，从而实现低成本用少物料校准取代了多物料校准。

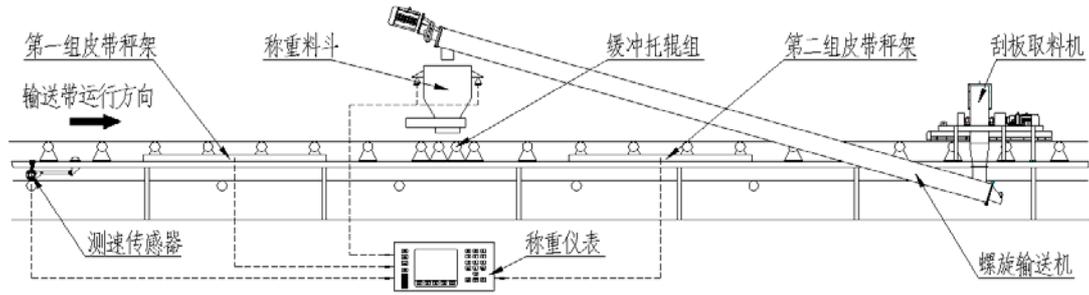


图 4：物料叠加自校准皮带秤

物料叠加自校准皮带秤的主要特点如下：

- 1、采用了自主研发少量的经称重物料与正常输送物料叠加的自校准技术，解决了现行皮带秤实物校准成本高、不易校准的难题。
- 2、实时在线物料自校准技术，可以在皮带输送机正常输送物料运行时自动进行物料自校准，在技术上有效保证了皮带秤长期运行的准确度和耐久性。
- 3、两台皮带秤实时比对，互为备用。当其中一台皮带秤出现故障，系统自动对其进行报警，并用另一台皮带秤作为主计量秤继续运行，提高了系统的可靠性。

#### 四、新版 OIML R50 国际建议（4CD-2011 年 9 月）特色

##### 1、产品的准确度等级

在准确度等级的划分上，新版国际建议分为 4 个等级即 0.2、0.5、1.0、2.0 级，而现行的国标和规程中只有 3 个等级，比新版国际建议少 0.2 这个等级。

新版国际建议中 0.2 级的首次检定和后续检定自动称量的最大允许误差 0.1%，使用中检验的最大允许误差 0.2%，影响因子试验的最大允许误差为 0.07%，最小累计载荷的累计分度值数为 2000。

##### 2、带形修正装置

新版国建建议中增加了带形修正装置，即皮带（空载）运转一圈期间，可以对承载器上变化的载荷进行修正的装置。此装置利用已储存好的皮带（空载）运转一圈的数据进行修正。

该装置用于皮带秤零点的修正，可与自动或半自动调零装置结合，也可以独立于自动或半自动调零装置运行。

##### 3、干扰试验

新版国际建议在抗干扰试验中比现行国标和规程的要求要严酷的多。增加了交流供电电源电压暂降和短时中断抗扰度试验、浪涌（冲击）抗扰度试验、射频场感应传导骚扰抗扰度试验等，对原来的电快速瞬变脉冲群抗扰度和射频电磁场辐射抗扰度试验要求也提高了。

#### 4、耐久性

新版国际建议没有对皮带秤的耐久性试验提出具体的方法，它鼓励各国可以在国家法规的约束下采取一些措施来确保耐久性，这些措施包括在型式评价、首次检定、后续检定、使用中检验等各项试验中。由于影响皮带秤耐久性的因素很多，耐久性试验至今在国际上还没有形成一个共识的试验方法。

### 五、综述

随着传感器技术和电子技术的快速发展，元器件成本的降低，皮带秤得益非浅，先进电子技术的采用使皮带秤的可靠性、稳定性得到提高，使用功能得到扩展，进一步满足了用户使用需求。如今，皮带秤主要面临三个技术难点：准确度、耐久性、校准方法，新一代智能型皮带秤发展趋势也主要是解决这三个问题。

应用于港口、矿山、电力等行业大型散料输送皮带机上的皮带秤的使用效果并不理想，这主要和皮带秤的适用条件有关，这些大型皮带机的主要特点是：

#### 1、流量大

一般运输煤炭的输送流量达到 3000t/h — 6000t/h, 运输矿石的流量更大，甚至超过 10000t/h，并且流量变化大，不均匀。

#### 2、速度快

皮带输送机速度达到 3m/s — 6m/s。

#### 3、皮带宽度大，长度长

输送皮带的宽度 1400mm — 2200mm，皮带周长 2000m 以上，有的甚至达到 10000m。

正是由于这些皮带输送机的上述三个特点加之没有理想的物料校准条件，使得安装于其上的皮带秤的准确度难以达到 0.5 级和 1 级，即使达到这个精度，皮带秤的耐久性也很差，不能长期地保持这个精度，有的甚至只能保持几天，因此国际上的一种调查认为的皮带秤使用精度不会优于  $\pm 2\%$ 。

大型皮带输送机上的皮带秤由于皮带输送量大一般无法安装实物校准装置，使得皮带秤的校准难以溯源，这也是皮带秤不被作为贸易结算的主要原因。目前散料的国际贸易结算还以水尺计重方式为主，而水尺法的计量准确度取决于轮船的服役时间、原始体积测量的精度，观察水尺时水面的波动、水温、水质密度、压舱水、轮船燃料和水消耗或补充等因素，变化范围在 0.5% — 2.0%，实际使用中由于人为因素的影响，水尺计重的误差高达 5%。

我国是一个资源贸易大国，计量不准将导致巨大的经济损失，市场迫切需要一种准确度高、耐久性和可靠性强、校准可溯源的皮带秤，基于物料叠加自校准技术的皮带秤（称量与校准一体化）作为新一代智能型皮带秤有效地解决了上述三个问题，为皮带秤广泛地使用于大型散料输送皮带机打下了坚实的基础。

随着皮带秤新技术的不断发展和应用，我国正从一个皮带秤的生产大国走向皮带秤的技术强国，只要不断地创新，皮带秤一定能够取代水尺计重，成为大宗散料贸易结算的主要计量器具。