

国产电子皮带秤技术发展动态

昆明有色冶金设计研究院 方原柏

【摘要】 近年来国产电子皮带秤技术发展迅猛，在涉及电子皮带秤技术的各个方面，如称重传感器、承载器、累计器、检定和标准等方面均有所突破，为国产电子皮带秤技术长远发展打下了坚实的基础。

【关键词】 国产电子皮带秤；发展动态；称重传感器；承载器；累计器；检定；标准

一、概述

在国内巨大市场的强力推动下，近年来国产电子皮带秤技术发展迅猛，包括定量皮带秤等产品在内的皮带秤市场 2011、2012 年容量约 2 万台^[1]。在涉及电子皮带秤技术的各个方面，如传感器、承载器、累计器、检定和标准等方面均有所突破，为国产电子皮带秤技术长远发展打下了坚实的基础。

二、传感器

早期的电子皮带秤的传感器只有测量承载器上物料瞬时重量的称重传感器和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），近年来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得到较多的应用。

当皮带机倾角固定不变时，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，而位置传感器则用来确定皮带相对位置，它在确定皮带整数圈、绝对值调零、皮带打滑检测报警、皮带跑偏检测和调节等功能中起重要的作用。

南京三埃工控股份有限公司在港口可移动皮带秤上以其最新发明专利——三维姿态跟踪技术（全方位称重单元姿态跟踪），完成称重系统的角度变化跟踪、检测。以往的倾角传感器只能补偿可移动皮带秤悬臂作上下俯仰动作时二维角度变化的影响，而三维姿态跟踪技术解决了可移动皮带秤悬臂作左右旋转、上下俯仰动作时三维角度及变化的影响，从而达到在最大和最小角度的计量误差优于 0.5%运行准确度^[2]。而在该公司《QPS 皮带秤全性能实验室》里，曾对安装在倾角可变输送机架上的阵列式皮带秤进行的动态计量性能实测，当倾角在 $0^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 之间变动时，皮带秤的动态累计误差均不超过 0.25%^[3]。

云南昆船电子设备有限公司 CA 型双托辊双杠杆式电子皮带秤采用接近开关式位置传感器检

测皮带跑偏量，然后根据跑偏量控制电动推杆进行辊轴轴线间相对位置的调节，达到调偏的目的。

江苏赛摩电气股份有限公司在一系列多称重传感器产品中以具有分路A/D转换技术的现场数字转换器取代原有的称重传感器接线盒，一方面是将原有称重传感器接线盒的接线方式由多个称重传感器信号并联改为在现场数字转换器中多个称重传感器信号独立A/D转换，另一方面是现场数字转换器将称重模拟信号就地转换为数字信号传送到称重控制器，从而为称重传感器故障诊断及该公司独创的“三计”技术创造了条件^[4]。中船 707 所生产的YT8P烟草专用电子皮带秤承载器有 4 个称重传感器，均通过独立的称重通道接入由PLC等组成的电控柜^[5]。

三、承载器

承载器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。

悬浮式承载器类似静态称重的称重平台，称重平台上支撑了 1 组或几组称量托辊，笔者曾采用响应特性曲线分析方法对多种承载器结构进行分析比较，结论是悬浮式承载器特性优于上述其它各种结构形式的承载器^[6]。从 2003 年起，笔者开始宣传国外公司直接承重式承载器^[7]，如今这些观点逐步得到国内众多厂商和用户的认可，用单托辊直接承重式承载器取代单托辊杠杆式承载器、用组合式直接承重式承载器和多托辊悬浮式承载器取代多托辊杠杆式承载器已成为国内承载器发展的趋势。

虽然众多的国内皮带秤生产厂商仍沿用隶属于赛默飞世儿科技集团（Thermo Fisher Scientific）的美国拉姆齐公司各种类型的承载器，但一些实力较强、具有创新精神的国内皮带秤主流厂家与用户结合，近年来推出了较多的新产品，如各类悬浮式承载器、同一皮带输送机多承载器的产品。

为解决皮带秤计量准确度低、长期稳定性差的难题，南京三埃工控股份有限公司开发了“阵列式皮带称重系统”，他将多个称重单元顺序串联安装在皮带输送机上组成一个阵列，每个称重单元由一只称重传感器支承两组称重托辊，通常采用 8 个称重单元，这样一套阵列式皮带秤就有 16 组称重托辊。在该公司《QPS皮带秤全性能实验室》里，采用一个专用的数学模型对各单元的检测值进行计算与比较，然后就皮带张力对称重的影响进行修正。试验结果证实：在 8 个称重单元的条件下，可将皮带张力影响减少 90%以上；皮带秤的实物标定准确度可以长期稳定地达到 0.25%水平，实际测试时，可以达到 0.1%的水平；这样的系统还可以降低皮带秤安装要求及托辊粘料对测量的影响，减小维护量^[8]。2012 年 11 月 15 日，南京三埃工控股份有限公司的发明专利“散状物料高精度皮带称重阵列系统”荣获国家知识产权局第十四届中国专利优秀奖。

铜陵市三爱思电子公司研究开发的“电子皮带秤计量、校验集成系统”，采用了 2 台多组托辊的悬浮式承载器，可以在皮带机正常物料输送的情况下用砝码自动地对皮带秤进行动态检验，几套试验项目的检定准确度优于 0.3%^[9]。

江苏赛摩电气股份有限公司在南京西坝煤码头输煤皮带机上安装了双承载器的物料叠加自校准皮带秤系统，主计量皮带秤和辅助校准皮带秤采用了多组称量托辊的全悬浮式承载器^[10]。江苏赛摩电气股份有限公司研发的F型专用于电厂的定量皮带秤实时在线校准系统，在一条配料用的皮带

输送机上有 3 组承载器。其中 1 组安装在物料落料点的后方，仅用于皮重测量，以实现在线调零功能；另外 2 组秤架安装在物料落料点的前方，能够在正常给煤的工作状况下进行称重计量，并按“叠加试验法”的原理实现在线校准功能，从而解决了多年来定量给煤机使用精度较低的难题^[11]。

天津天铁冶金集团有限公司在电子皮带秤的商贸应用中，自行采用在同一皮带输送机上安装两套电子皮带秤同步使用，从而在金牛天铁、天铁集团两个企业间 2011 年度贸易结算的计量数据上取得累计相对误差仅为 0.03%的良好效果^[12]。

四、累计器

近年来，国产皮带秤用累计器可靠性不断提高，功能越来越强化，其信誉度也得到大幅提升。

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 标准中规定的现场总线则是微机皮带秤最新的发展趋势。南京天秤计控设备有限公司、长沙湘计、江苏赛摩电气股份有限公司及部分采用西门子 PLC 作为累计器的产品先后增加了 Profibus-DP 现场总线，为生产线上的定量皮带秤、计量皮带秤与控制系统联网提供了方便条件。

随着物联网的推广和无线技术的普及，带无线传输功能的皮带秤用累计器日渐增多。在面对一些矿产大县财税部门管理众多地方小型矿山皮带秤等计量设备问题时，重庆大唐科技股份公司将单一的皮带秤等重量测量装置扩展为可以包括视频监控、远程无线传输、数据集中采集显示在内的矿产品财税监控管理系统，如称重现场采集到的重量数据和视频可以通过 GPRS 等方式无线传送到县城的监控中心集中监控。

徐州三原和中国联通徐州分公司联合开发的智能计量物联平台、皮带秤累计器远程无线通讯系统已研发成功并投入使用，该通讯系统可远程监控多台皮带秤累计器的数据，实现互联网、手机对现场数据的实时掌控，还可通过短信方式将统计报表即时上报，实现远程校表和远程维护功能，提升了响应速度，快速帮助客户处理故障，提高工作效率。

河南丰博自动化公司 FB-IWFL/M 型信息化定量皮带秤的上位机通过 485 总线 Modbus 通信协议传送到现场控制箱，然后控制变频器调节皮带电机转速；现场控制箱采集到的皮带运行信号，可通过 GPRS 短信模块向用户手机或上位机发送；信息化定量皮带秤可以通过触摸屏或无线手持仪实施操作和调试。

江苏赛摩电气股份有限公司在高精度电子皮带秤中应用了赛摩公司的专利“三计技术”，即在该公司各类多托辊悬浮式承载器里，实时测量皮带输送机输送物料重量的 4 个称重传感器信号是分成 4 个独立信号进入现场 PLR-D 数字转换器，在 PLR 三计皮带秤累计器里包含有 3 台秤的数据，通过将 4 路独立称重信号分别组合，形成一个 4 传感器组合和 2 个双传感器组合的 3 台秤，结合速度传感器的信号累计运算得到 3 组累计量（1 组主累计量和 2 组辅累计量）及瞬时流量。累计器正常显示主累计量，同时 2 组辅累计量实时在线比对，如果 2 组辅累计量差值超过设定界限，则对构成 2 组辅累计量的称重传感器输出信号分别进行对比，误差超过设定界限的称重传感器即为有故障的

一组辅助计量。同时，选择无故障的一组辅助计量替代主累计显示，从而保证皮带秤在某一称重传感器有故障或异常时仍然可以进行称重，提高了皮带秤运行的可靠性和计量精度的准确性^[13]。在该公司的“标准物料与正常输送物料叠加法”的系统里，由于有 2 组独立的皮带秤承载器和 1 组料斗秤，因此也可用三计皮带秤累计器分别完成皮带秤物料重量的累计值显示、瞬时流量值显示、料斗秤总量显示、故障诊断、标准物料与正常输送物料叠加法校验等功能。

南京三埃工控股份有限公司于 2012 年正式推出应用于阵列式皮带秤的“皮带秤远程专家系统”，并开始有部分用户中使用。系统由安装于生产现场的带 GPRS RTU 阵列式皮带秤、公司总部带 GPRS RTU 的总部服务器及带 GPRS RTU 的其他人员（例如出差外地的安装调试人员）等组成。皮带秤远程专家系统的基本功能是：记录数百个工作参数和中间过程参数，将各生产现场的皮带秤始终纳入专家系统监控之下；记录各种自动执行的程序和人机对话操作时间、内容，为分析皮带秤工作状态提供基础资料；记录各种故障报警的时间、内容、数据及排除时间等，供专家系统分析用；记录皮带秤去皮、计量、校准或检定过程的各种参数，为专家系统分析提供数据^[14]。

五、检定

在南京三埃工控股份有限公司曾对阵列式皮带秤进行了挂码与在线料斗秤校准的对比试验，结果表明：挂码校准的重复性优于 0.03%，与在线料斗秤校准结果的差别基本稳定在 0.2% 左右。按 0.2 级准确度等级要求的指标用挂码乘以修正系数后校准阵列式皮带秤，再用在线料斗秤对所通过的散状物料计量验证，其试验数据误差小于 ±0.1%。2010 年山东日照港为码头散装物料装船计量安装了阵列式皮带秤，先采用挂码标定，调整后示值与理论值相差不大于 0.025%。9 天后未经任何调整进行实物标定，采用汽车衡作为控制衡器，阵列式皮带秤示值 5026.26t，汽车衡示值 5023.68t，动态自动称量累计误差仅 0.051%。对比试验结果显示，阵列式皮带秤的挂码标定结果与实物标定的结果十分接近，表明用模拟载荷试验作为校准阵列式皮带秤的一种实用方法，具有一定的可行性^[15]。

国内企业对传统的滚链结构作了如下一些改动：南京金杰出科技公司生产的可加挂砝码型滚链，可通过增减砝码在皮带秤量程范围内的多点进行试验；浙江乐清新亚机电公司、江苏申大衡器公司生产滚链卷扬装置，包括单滚链卷扬机、双滚链卷扬机和可移动式滚链卷扬装置；余姚市通用仪表有限公司 TYLM 自动化标准滚链装置采用在皮带秤上方的位置上设储存槽体的和变速驱动器的方式，自动收放存储滚链，减少滚链搬运和拆卸。

北京市春海技术开发公司于上世纪九十年代中期开始研制 DCX 型模拟载荷试验装置（即循环链码），其重复性达到 0.1%，该装置已列入 JJG195-2002 皮带秤国家计量检定规程。规程新增加的内容之一是：可以使用循环链码替代实际物料用于对 0.5 级皮带秤、1 级皮带秤和 2 级皮带秤进行使用中检验，其使用的准确度等级高于其他类型的模拟载荷装置。北京市春海技术开发公司 DCX 型循环链码应用总数已达数百条，其应用领域已从火电厂扩展到冶金企业。

常规的模拟载荷试验方法都是在中断物料正常输送的条件下进行的，由于模拟载荷试验时与物

料正常输送时的皮带张力相差很大，致使模拟载荷试验的结果与物料试验的结果存在较大的误差，笔者曾在现场进行过空负荷挂砝码试验及带负荷挂砝码试验的比对，发现二者之间相差 1.2%，说明皮带张力的影响确实存在。

安徽铜陵三爱思公司经过长时间的试验摸索，推出了“物料棒码叠加法”进行皮带秤的校验。其前提是要在同一条皮带输送机上高质量地安装 2 台性能稳定的承载器；在承载器调零之后，即可输送物料，并将 2 台承载器的显示差值调整在要求的范围内（如差值小于 0.1%）；在进行“物料棒码叠加法”试验时，正常输送物料，并在其中 1 台承载器上人工或远程自动加挂棒状砝码；此时 2 台承载器的累计器同步累计并获得皮带运行整数圈时累计量的差值 ΔP ；按加挂砝码公式计算出调整系数 K ，该系数为 2 台承载器共用的调整系数，试验过程结束。现场运行数据表明，以该调整系数为依据，可以在现场随后进行的物料试验中使皮带秤达到 0.25% 的精度，从而初步证实物料棒码叠加法可以在生产现场取代物料试验。如在铜陵市华兴化工公司港口物料计量采用了专门定制的皮带输送机，皮带长度 53.44m，输送机倾角 2.3° ，皮带宽度 800mm，设计最大流量 270t/h，皮带速度 1.137m/s，托辊间距 1.000m，两台 3 托辊秤架均采用全悬浮式，4 个称重传感器支承，经过“物料棒码叠加法”试验找出修正系数后，3 次物料试验结果的误差最大一次为 0.17%。物料棒码叠加法受到用户的普遍关注，因为它不需要单独的物料试验，可以在正常物料输送时完成皮带秤的校验工作。为了让更多的用户，特别是一些计量准确度不一定要达到 0.5% 时，铜陵三爱思公司还可提供一种价格较低的方案：由 2 组单托辊直接承重式承载器外加 2 组专用托辊组成的带在线校验系统的工艺计量秤。其特点是：双秤合一的计量，优于传统的双托辊秤；双层的实时比对，超差立即报警输出；独创的校验系统，支持实物在线校验。

余姚市纪铭称重校验设备有限公司的皮带秤自动校验装置的工作原理，与物料棒码叠加法类似^[16]。

江苏赛摩电气股份有限公司则采用“标准物料与正常输送物料叠加法”对皮带秤实施在线自校准，既是“叠加”，肯定也是在同一条皮带输送机上安装 2 台承载器，所谓“标准物料”，是从被输送物料中取出的部分物料并经过称重后获知其重量值，在自校准时加入到正常输送物料之中。当经过调零操作之后，可在物料正常输送过程中，采用标准物料叠加到正常输送过程的物料之上，从而可得到在加入标准物料这段时间的两台承载器的称量值，其差值应该反映的是与“标准物料”重量值相关的部分，如果不一致，则采用物料试验的修正方式修改辅助校准皮带秤的满值系数，至此就完成在线自校准。该系统已在江苏南京西坝煤码头使用，皮带秤最大输送能力为 3500t/h，皮带速度为 3.5m/s，皮带带宽为 1600mm，输送皮带周长为 2800m，托辊间距为 1200mm，主计量皮带秤和辅助校准皮带秤分别采用 4 组、3 组称量托辊的全悬浮式承载器，称重料斗量程为 5000kg，系统要求的准确度为 0.5 级。经过上述步骤的校准后，用户进行了 9 次 5 个不同量程点的实煤校验，每次校验煤量为 600t~1100t，试验结果：最大误差 0.5%，平均误差约 0.38%。

六、标准

近年来，国内电子皮带秤的生产企业越来越重视标准的制定，继《连续累计自动衡器(皮带秤)》

GB/T7721-2007 国家标准由江苏赛摩电气股份有限公司作为负责起草单位编制完成之后，由上海大和衡器有限公司负责起草的《耐压式计量给煤机》GB/T 28017-2011 的国家标准，在 2012 年 2 月 1 日正式实施。“定量皮带秤”标准第一起草单位河南丰博自动化有限公司 2012 年顺利通过了项目立项评审。

自动衡器(秘书处)英国国家计量办公室于 2007 年启动了国际法制计量组织国际建议 OIML R50 《连续累计自动衡器(皮带秤)》(Continuous totalizing automatic weighing instruments) 的修订工作，中国衡器协会与全国衡器计量技术委员会于 2011 年 3 月在南京联合召开了 OIMLR50 国际建议研讨会，并形成了包括同意增加 0.2 级准确度等级、皮带秤的型式评价引进行耐久性试验等统一意见。2011 年 4 月 18 日在英国召开 OIML TC9/SC2 R50-2009 3CD (50 号国际建议 2009 版第 3 稿) 研讨会，作为世界皮带秤生产、使用大国的代表——中国计量科学研究院、南京三埃工控股份有限公司、江苏赛摩电气股份有限公司、江苏计量科学研究院参加了此次会议，并作了大会发言，提出了我们的观点和意见。与会的中方代表深有感触：以往中国的企业羞于或者不敢在国际场合露面和发挥作用，使得许多《建议》、《文件》缺乏中国元素，不尽符合中国国情，不利于维护中国企业权益。走出去以后发现中国的产品不比国外产品差，中国的皮带秤一部分技术在国际上是处于领先地位的，中国的企业有必要、也有能力参与像制定国际标准这样的国际事务。该次会议后提出了 OIML R50-1 3CD 2011 审议稿，为此，中国衡器协会于 2011 年 12 月成立中国衡器协会技术专家委员会“连续累计自动衡器(皮带秤)工作组”，并于 2012 年 3 月召开了全国《R50-1 第四修订草案稿》研讨会，通过会前征求意见及会上热烈的讨论，形成了统一的意见并反馈到国际法制计量局。值得一提的是，中方正在专用的试验装置上进行一系列的试验，国外专家对此非常兴奋，称赞三埃工控股份有限公司自建的《QPS 皮带秤全性能实验室》可能是世界上最大的也是唯一的一个皮带秤实验室。

这是中国企业的代表第一次在国际法制计量组织的正式会议上发表对国际建议的见解，表明中国皮带秤技术的发展正步入国际前列，也表明中国衡器行业在国际法制计量组织中地位的提升和影响力的扩大。

七、结束语

国产电子皮带秤近年来的发展取得了较大的成就，使我国电子皮带秤技术有了长足的进步。虽然我们已经成为电子皮带秤生产大国、使用大国，但我们也应该看到，中国电子皮带秤行业的整体水平极不均衡，大部分企业规模偏小，装备落后，技术实力较弱，目前处于勉强维持的状态。而代表国内最高水平的企业与国外先进国家的水平在制造的精细程度和市场开拓等方面还有一定的差距，我们还需要为进一步提高中国电子皮带秤技术水平而努力。

参考文献

1. 史超. 皮带输送散料的计量及采样设备市场前景分析[J]. 衡器, 2012, 03:1-4.
2. 袁延强. 三维姿态跟踪式可移动皮带秤在港口中的应用[C]. 第十届称重技术研讨会论文集:

109-115.

3. 盛伯湛. 阵列式皮带秤在机架运动时的计量性能检测[J]. 衡器, 2012, 08:20-22.
4. 厉达等. 多称重传感器衡器三组计量值称重技术[J]. 衡器, 2011, 02:1-4.
5. 孙永钢,孙建军. 电子称重技术在烟草行业的应用现状及发展趋势[J]. 衡器, 2012, 01:11-14.
6. 方原柏. 电子皮带秤的原理及应用[M], 北京, 冶金工业出版社, 1994年.
7. 方原柏. 西门子妙声力公司 MSI 单托辊皮带秤[J]. 衡器, 2003, 03:15-17.
8. 陆勤生. SA-600 阵列式皮带秤和 QPS 皮带秤综合性能测试系统[J]. 衡器, 2008, 05:28-31.
9. 徐厚胜. 电子皮带秤在贸易计量中的应用[J]. 中国计量, 2011, 03: 77-79.
10. 厉达, 何福胜. 皮带秤技术现状及发展趋势[J]. 衡器. 2012, 02:1-5.
11. 董洪辉, 田克行, 吴宝德. 简析在线校准称重给煤机[J]. 衡器, 2012, 03: 50-54.
12. 梁荣, 郭本强. 天津天铁冶金集团电子皮带秤的商贸应用[C]. 第十一届称重技术研讨会论文集: 159-162.
13. 厉达等. 多称重传感器衡器三组计量值称重技术[J]. 衡器. 2011, 02:1-4.
14. 袁延强. 物联网技术与皮带秤远程专家系统[J]. 衡器. 2012, 10:40-44.
15. 盛伯湛. 对皮带秤动态校验问题的若干探索[C]. 第十一届称重技术研讨会论文集: 163-170.
16. 陈隆海. 简析皮带秤自动校验装置[J]. 衡器. 2012, 03:46-49.

作者简介

方原柏, 出生于 1942 年, 男, 湖北黄冈人, 昆明有色冶金设计研究院电气自动化分院教授级高级工程师, 衡器、冶金自动化、仪器仪表与自动化等杂志编委, 昆明仪器仪表学会副理事长, 中国衡器协会技术专家委员会顾问, 主要从事仪器仪表、控制系统的应用研究, 曾出版“电子皮带秤的原理及应用”(1994年)、“电子皮带秤”(2007年)两本专著。

电话: 0871-63168424 13078787502

地址: 昆明白塔路 208# 昆明有色冶金设计研究院, 650051