

电子皮带秤“三技秤”理论和实践

徐州动态称重与检测工程技术中心 刘焱 刘东

江苏百灵衡器制造有限公司 孙文杰 刘安林

【摘要】电子皮带秤技术因环境适应性、精度耐久性和现代功能赋性等困惑面临着创新变革、提档升级，本文以重新定义的“皮带秤系统”概念出发，提出了“三技秤”技术的理论，并对“三技秤”技术及其在皮带秤产品的应用等方面进行了介绍和论述。

【关键词】电子皮带秤、三技秤技术、分布、融合、数据库和数据分析、典型和特殊应用。

前言：

正当电子皮带秤技术因环境适应性、精度耐久性和现代功能赋性等困惑而止步不前之时，皮带秤科技工作者通过对大量工程应用的实践和感悟，不约而同地将分布、融合、数据库和数据分析三项技术应用于电子皮带秤产品，与殊途同归的“阵列”“多桥”“三计”等同携三项技术精髓，给力提档升级，做全世界最好的皮带秤，被专家们通称为中国人的“三技秤”（Three Technology Scales — TTS）。

“三技秤”新型电子皮带秤产品区别于传统皮带秤简单传力计量原理，采用模型化计量原理。

多台传感器和信息终端分布在现场应用系统的不同特征点上，通过有线或无线的数据交换，从地域角度构成了皮带秤系统多源信息感知系统；数据库从时域角度定量的反映称重系统和运行环境的状态；皮带秤多源信息融合技术利用分布、实时的融合环境和数据库对融合推理的支持，智能地综合和建立数据关系和“皮带秤模型”，弥补了使用“单一传感器”所固有的缺陷，使新型皮带秤优化计量、优化控制和预测、知识库、机器学习和数据挖掘等技术手段得以实现。

一、“皮带秤系统”与“三技秤”

通常，电子皮带秤通过称重桥架获取一个正比于皮带载荷的电压信号；通过速度检测组件获取正比于皮带速度的脉冲频率，称重显示控制器处理和接收这些信号，计算和显示皮带秤系统的瞬时流量值和累积重量值完成皮带秤动态称重过程。多年来皮带秤工作者围绕两类信号从机、电、仪等方面做了大量的改进和探索，试图提高电子皮带秤的计量性能。

实际上，皮带秤的计量性能是与皮带秤的使用环境条件、工艺要求等密切相关的，严格定义的“皮带秤系统”是由皮带秤装置本体及其网络信息、使用环境条件、现场工艺技术和关联参数等构成的，只有建立这样的“皮带秤系统”的概念，才可能真正找到皮带秤产品技术性能提升的技术路线。

“三技秤”新型电子皮带秤从“皮带秤系统”概念出发，从本体计量性能、环境影响因素、使用工艺条件、关联参数等诸方面入手，有效地解决了适应性、计量和控制精度、响应速度、稳定性、耐久性、高成本维护等皮带秤长期和普遍存在的问题。

二、“分布”的皮带秤系统资源

皮带秤系统是一个拥有多种物理和逻辑资源的统一的整体系统。这些资源主要包括皮带秤装置本体的重量、

速度信息、有效计量段长度等物理量；温度、湿度、皮带输送机皮带张力、皮带跑偏量、物料偏载、空载皮重与运行皮重动态偏差等运行环境信息；多点上料、多参量计测、双向计量等工艺技术条件。 这些信息分布在检测、位置、属性和以趋势形态存在的不同信息层面，皮带秤系统资源以直接或间接物理量的形式或者以网络信息的形式由称重显示控制器获取并实现信息交换、建立逻辑和量值等方面的关联，支持系统模型的建立和动态拟合。

三、“融合”和“协同”技术在皮带秤的应用

鉴于皮带秤系统的信息资源形态的复杂性以及一定程度的不确定性，对这些不确定信息的融合过程实质上是一个不确定的推理过程。

将具有特殊逻辑推理能力的模糊技术引入神经网络，不仅能处理精确信息，也能处理模糊信息或其他不精确信息。神经网络在学习和自动模式识别方面的极强的优势，使皮带秤系统的模糊规则的自动提取和系统模型的生成得以解决。

基于模糊神经网络的皮带秤系统采用具有输入、模糊化、推理和非模糊化四层结构的模糊神经网络。输入层的个数与传感器个数相符，模糊化层将真实的确定值输入转换为模糊矢量，推理层按照规则库完成模糊推理过程，以及调整模糊隶属度函数。推理层和输出层由普通神经网络来实现。

神经网络存储知识采用 BP 方法进行训练。BP 算法由经验确定的权、阈值初始化，加快了学习速度，训练过的模糊神经网络表现出了更好的融合效果，并在网络中固化了更多的信息和经过优化的参数。

融合技术还大量应用和支持对异构网络信息的获取方面。

四、“数据库”与数据分析技术：

系统应用“数据库”和数据分析技术，通过建立各种时域和空间域内的皮带秤数据和皮带秤运行环境参数，应用数据分析技术和方法，揭示了数据的分布特性，建立数据变量间的依赖关系，获取数据的集中趋势和缺失值、坏点等，以支持系统模型的建立。

“数据库”与数据分析技术还有力的支持了新型皮带秤的智能诊断功能，支持了用户维护的直观和便捷。

五、TTS 型新型电子皮带秤称重控制器及其应用

TTS6000 系列称重控制器是适应“TTS 三技秤”概念应运而生的新型通用皮带秤高端仪表。称重控制器融汇了皮带秤 TTS 理论精髓和国内外最新产品精华，凝聚了公司自主知识产权和多年从事称重产品、工程的经验，是皮带秤产品升级换代和适应新产业、新工艺、新市场和消费侧新需求的皮带秤新产品的首选。

高配置支持了系统性能和功能：

- 微处理器：CORTEX-M3 32 位机系列
- 数据储存：8M Flash, 数据保存可达十年
- 图形文字显示器：彩色 5.0 英寸 800X480 点阵
- 模拟量：单通道 24 位 A/D 输入、4 通道 24 位 A/D 输入
2 通道 16 位 D/A 输出、2 通道 16 位 D/A 输入

- 数字量：隔离的 8 个输入 /8 个输出数字通道
- 输入信号：重量传感器 8 路(可扩展到 16 路)、速度传感器 2 路
- 键盘：数字键 11 个、功能键 4 只、多功能软键 4 只（可选触摸屏）；
- 用户数据库：运行数据、故障查询，历史曲线或突变点列表；



- 标准通讯口：RS485 标准串口、可选的 USB 口；
- 现场总线：Profibus、ModBus、CAN、以太网等可选；
- 工厂传感网无线通讯接口：适用各种开放的或非开放无线网络和通讯协议；
- 功能扩展槽：扩展模拟或数字信号输入、通讯、存储单元或用户定制功能；
- 精度：在称重传感器量程的 0.01% 以内，当温度在 - 40℃—+50℃时；
- 线性度：从空载到满载的 125% 输入范围不大于 0.01%；
- 可用于任何形式电子皮带秤产品的替换、升级换代改造。

TTS6000 系列称重显示控制器基本功能性能：

- 自动调零、自动校准、自动零点跟踪、线性补偿、零点死区设置等；
- 具备标准模拟信号和可编程的隔离开关量输入、输出；
- RBF 神经网络模糊控制算法、自学习、参数自整定功能；
- 可调滤波时间、可选择内部和外部两种速度输入方式；
- 多层口令输入保护用户参数；
- 可选择的中、英文及多国文字界面，人机交互友好，操作简单；

TTS6000 系列称重显示控制器主要独创、领先功能：

- 支持三技秤“一机多称、冗余备用、代偿运行”功能：

具有三技秤基本功能配置的称重系统一般由两台或多台桥架构成，TTS6000 系列称重显示控制器通过对桥架上每只称重传感器信号或多只传感器的不同的组合进行自动检测，从而实现对传感器、称重桥架故障的智能判断，对于偏载和张力的波动带来的误差进行算法补偿；即使有个别构件损坏不能工作，系统可以通过算法对其进行代偿以短期维持称重系统运行。

- 支持三技秤“动态在线标定”功能：

电子皮带秤“动态在线标定”是通过“动态在线标定系统”实现的。电子皮带秤动态在线标定系统基本配置由数台可“分割组合”的电子皮带秤秤体组件、实体的或电子的“标准加载量”及加载装置、具有运行动态标定控制程序和算法的 TTS6000 系列称重显示控制器组成。实体的“标准加载量”一般为实物(含物料自动搬运、

标准计量器和加载装置)、标准码;电子的“标准加载量”为表征标准加载负荷的电子信号,实体的和电子的标定装置可单独配置也可以同时配置;加载装置可以是电动、气动形式的执行机构,接收称重控制器的启动和停止的指令,完成标准重量的加载和卸载。

“动态在线标定”是与电子皮带秤负载或空载运行过程同步完成的。“动态在线标定”过程由预先设定的自动周期标定指令或人工即时指令启动。

无论电子皮带秤在正常输送物料状态还是空载运行状态,当进行称重系统进入“动态在线标定”工作方式,称重显示控制器首先自动完成对运行中的皮带秤的功能分割,使其自动的分为一个独立运行单元和一个辅助单元;称重显示控制器创建多任务调度系统,使独立运行单元在标定过程中不中断正常的物料输送和计量控制;称重显示控制器控制系统自动地施加一个实体的或电子的“标准加载量”在辅助标定单元部分;称重显示控制器在完成物料计量控制的同时,完成对“标准加载量”的计量,称重显示控制器通过标度算法,完成对称重系统的量程标定。具体流程见附图 1。

动态在线标定是在不改变皮带机物料输送工况下自动进行的,皮带秤动态标定过程中真实的反映了实际生产过程中皮带输送机整个输送面上布满物料时的皮带张力,因此相对于传统的皮带秤标定方式具有更高的置信度。

一键标定功能:

使用者只要按下“一键标定”功能键,仪表就自动的完成各种称重系统标定,大大的简化了复杂的标定过程,降低了对使用者的能力要求。

- 分段零点、动态零点、自动零点跟踪等零点处理技术应用。

- 构建柔性系统:通过控制器的功能扩展槽和即插即用的各种功能板以及 CAN 现场总线系统,可以简单的构成新的皮带秤或皮带秤群应用系统。

- 特征信息空间构筑程序对皮带秤的初始性能参数、输送机及运行环境参数、皮带秤特征信息建立动态数据库,并参与皮带秤标定、运行时的运算。

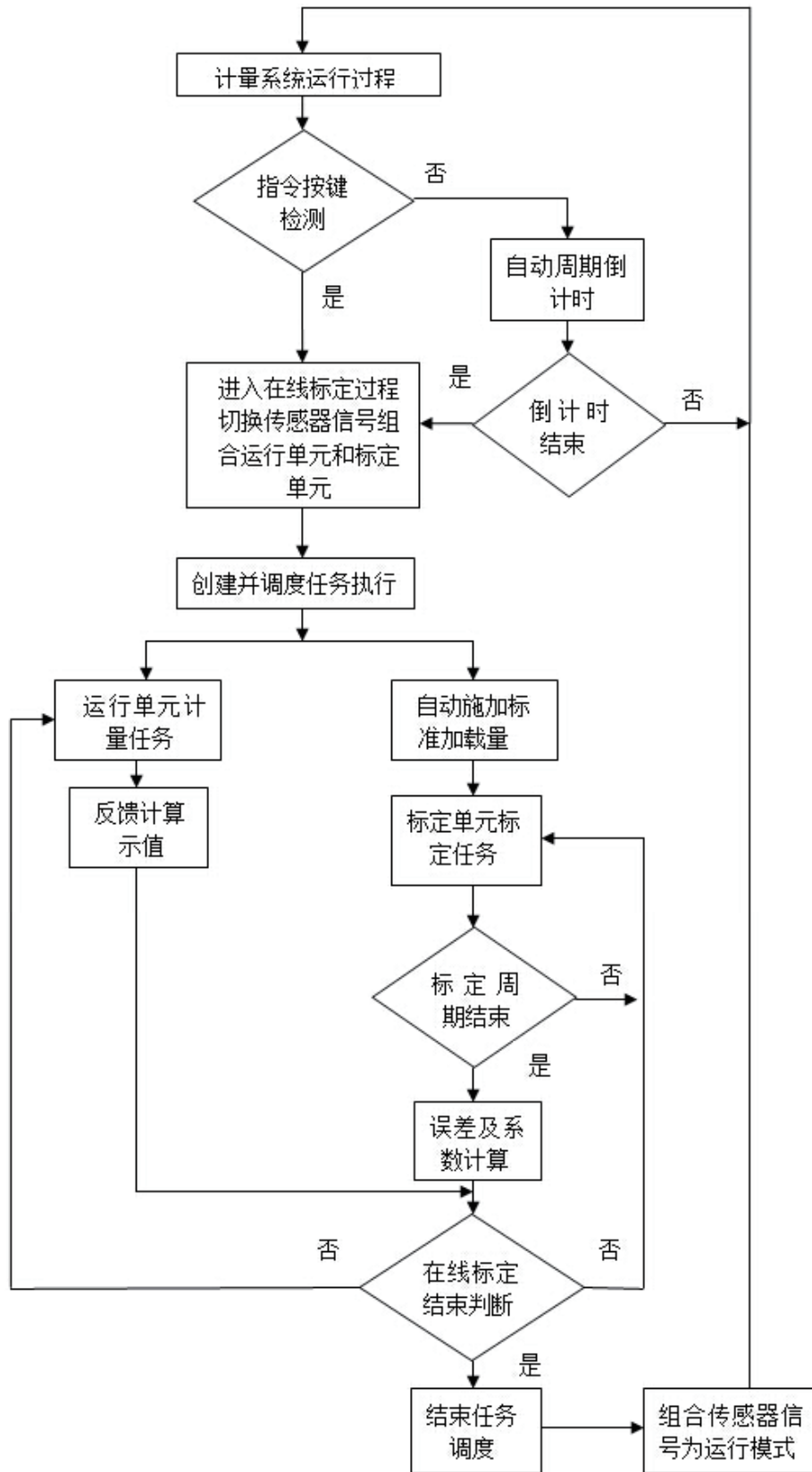
- 智能故障诊断和处理功能:植入的故障知识库及推理机软件,自动的检测系统故障,并给予补偿、报警、记录和代偿运行等处理,典型的应用如:称重传感器的损坏的检测和代偿运行;速度传感器的损坏的检测和代偿运行;空载零点与动态零点的检测和补偿;偏载的检测和补偿;计量域边界改变的检测和补偿等。

- 数据库技术应用功能:

給料流量八小时历史曲线直观显示定量給料控制状况;零点历史曲线和突变点列表功能:仪表记录并应用时间曲线和突变点列表的方式,反映系统零点的变化,为维护管理人员提供了直观的故障现象;

仪表自动显示、记录料流、堵料、跑偏、断带等检测装置的状态,给予可查寻的故障记录、报警;对于有特殊要求的计量控制装置(如耐压给煤机等)自动检测记录壳内温度、压力等参数并给予显示或报警,还可通过历史曲线描述 24 小时温度或压力等变化。

- 远程诊断和服务功能,支持通过网络对设备进行远程维护和培训,仪表将重要标定参数及运行数据实时上传至云数据库,在称重系统发生故障或运行数值误差大时,可进行数据追溯查找故障发生的原因并指导用户



附图 1: 动态在线标定流程

完成维护的工作。

●网络功能和信息共享：

TTS6000 系列称重显示控制器除配置 RS485 标准通讯接口外，可扩展 Profibus、Modbus、CAN、以太网等现场总线功能；可选的工厂传感网无线通讯接口适用各种开放的或非开放无线网络，支持 Modbus TCP、TCP/IP、MQTT 等各种通讯协议，实现数据交换和信息共享，称重系统可通过有线或无线网络上传、下达信息，并通过数据融合技术，生成直接受控工艺参数实现工艺优化控制。

TTS6000 系列称重显示控制器支持特殊功能皮带秤及其应用：

●批处理计量控制皮带秤：用于控制各种货车、船只和下级定量加工设备（混合、搅拌、混捏等机械）的物料装载定量控制。

多点供、配料控制皮带秤：用于单条皮带输送机设置多点供料，并设置多台皮带秤对物料进行分别计量和恒流量控制的工艺场合。

●单体物料单重、累重动态皮带秤：配合单体称重算法，大量应用皮带输送机搬运非连续单体物料时的称重计量（如：机场行包称等），一般具有单件重量计量、批件重量累计和计件等功能，可连接显示大屏显示件数和重量信息。

●检重称：用于对单件物料进行重量检测，具有分拣控制功能。

●变角度皮带秤：用于皮带输送机安装倾角可变的连续计量场合（如堆取料机等），称重控制器检测输送机即时倾角参与运算，完成输送计量。

●分仓（点）计量皮带秤：皮带秤对输送物料累重以及各物料投放料仓（料场定点）的物料量分别计量和显示、记录。

●物联网终端皮带秤：输送机物料即时流量信号、累积量（总累计、班累计或日累计等）通过无线网络传输至相关网络设备。

●容积式计量皮带秤：容积式计量一般为称重传感器发生故障时，自动转入容积式计量作为系统计量的备用功能，也可单独用于物料计量。

●双向运行计量皮带秤：当输送系统工作在双向运行状态时，皮带秤智能的处理双向运行时皮带秤工作条件的变化，以保证皮带秤的双向计量的精度。

●具有多参量识别功能的皮带秤：大量应用在焦化厂获取煤的水分信息，以“干燥”质量进行焦化配比控制或对锅炉进行燃烧优化控制；生物质混燃发电的煤生物质能源的识别和计量等等应用场合。

● TTS6000 系列称重给煤机专用称重控制器：

TTS6312CT 称重控制器作为耐压称重给煤机专用仪表，使给煤机计量性能、功能、安全运行、使用维护等方面得以极大地提升。

称重给煤机配置“四传感器双悬浮称桥”，每只称重传感器分别接入现场数字接线盒，并以数据通讯方式将数据传输至 TTS6312CT 称重控制器。

TTS6312CT 称重控制器支持称重给煤机“动态在线标定”功能、支持“偏载检测补偿”功能，对称重传

感器损坏故障进行报警提示,并给予“代偿运行”。控制器接收隔离的给煤机料流、跑偏、壳内温度、堵料和断带、断链等检测信号,给予记录和超限报警,管理者可通过对历史曲线和突变点列表了解设备运行状况。配置 TTS6312CT 称重控制器的给煤机具备控制器的“一键标定”等全部独创领先功能。

●“基于 CAN 总线的皮带秤群协同控制系统”:一个典型的应用为有效地解决大型筒仓多出料口配料的目标控制。将每个筒仓下多台智能称重给料机及给料装置通过“CAN 现场总线”构成集群系统,“皮带秤群”是一个不依赖上位计算机的底层控制系统,通过底层互联可以在没有人和其他设施的干预下自动运作,具有极强的自治性和适应性;“皮带秤群”可以在环境条件变化、预先约定条件出现或接受系统信息时,主动发起围绕目标的控制行为,具有极强的反应性和预动性。仓底每台称重给料机作为 CAN 总线节点实时的发送和接收仓总给定值、开机状态、现行流量等运行数据,自行计算和分解各自的设定给定值,并根据现行偏差应用基于神经网络的自整定 PID 算法对相应的给料装置进行调节控制,以实现给定值的跟踪,完成配比控制。系统连续的动态的对筒仓配料总量进行监控,必要时应用基于模糊控制的动态配比法调整配料总量,以防止累计偏差带来的配比精度损失。

六、结束语

“三技秤”新型皮带秤的开发和应用推进了皮带秤技术和产品的发展,产品是适应新产业、新工艺以及传统产业创新升级的需求,同时引领皮带秤产业技术进步的新型产品。其“皮带秤系统”的概念和“三技秤”理论和应用,对其他类型的电子衡器产品和系统的开发也必将有积极的借鉴作用。

【参考文献】

- 1、《新型 PID 控制及其应用》陶永华 尹怡欣 葛芦生
- 2、《电子皮带秤多传感器信息融合感知补偿方法和系统》ZL200810243509.3 刘淼
- 3、《可离线校准皮带秤秤体单元》ZL200920045946.4 刘淼 倪宝军
- 4、《电子皮带秤动态自动挂码装置》ZL200920041754.6 刘淼 倪宝军

作者简介:刘淼 性别:男 出生日期:1976年5月 职务:工程师 主要从事动态称重产品的研发及应用