

衡器自动测量系统的研究和实现

□李东岳

辽宁省计量科学研究院

【摘要】现代计量检测过程中，人工智能+衡器的融合应用实现自动检测已经形成趋势。本文旨在探讨通过传感器融合、数据驱动和系统协同三大核心检测理念，论述称重技术领域的智慧型变革，介绍改变提升衡器的称重精度、完善衡器设备智能化和优化操作系统效率，通过自动测量技术解决传统衡器在复杂环境下的感知局限、数据孤立和响应滞后等问题。

【关键词】人工智能；自动检测；传感器融合

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2025）11-0023-03

Research and Implementation of Automatic Measurement System of Weighing Instrument

【Abstract】In modern metrology and testing, the integration of artificial intelligence with weighing instruments to achieve automatic detection has become a trend. This paper explores the intelligent transformation in weighing technology through three core detection concepts: sensor fusion, data-driven approach, and system collaboration, introduces methods to improve the weighing accuracy of weighing instruments, enhance the intelligence of weighing equipment, and optimize the operating system efficiency, and addresses the problems of traditional weighing instruments in complex environments, such as limited perception, data isolation, and delayed response, through automatic measurement technology.

【Keywords】artificial intelligence; automatic detection; sensor fusion

引言

为实现高效准确测量及数据信息化目标，高精度衡量仪器在各个领域中对质量的标准化称量。衡器自动化检测的研究基于数据驱动的、以机器学习和神经网络等为技术工具的人工智能称重传感器温漂补偿技术，重点突破环境干扰补偿、智能故障诊断等关键技术难题^[1]。目前，包括视觉识别系统、感知雷达、激光测距装置及互为冗余的计算平台等核心部件的自动化检测技术，已经在衡器计量测试中

被广泛应用。

在传感器的应用方面为电磁力传感器或是电阻应变式传感器，受两者工作原理的影响，均需要进行温漂补偿以完成高精度称量^[2]。同时电阻应变式传感器由于受到电阻应变片与弹性体本身性能、惠斯登电桥的影响，会产生随机误差，这就需要提升自动化检测中的传感器融合技术。

1 传感器融合的作用

衡器自动测量系统必须自动感知外界环境后，

同时进行决策及执行指令。在感知层面，需要有一系列传感器的配合来准确判断外界环境，这就是传感器融合技术。通过传感器融合技术使自动测量系统达到两种工作状态，即“周围是什么状态”和“目前处于什么状态”。

对于衡器自动测量系统如何判断“周围是什么工

作状态”基本需要通过三种类型传感器来实现，包括激光测距装置，毫米波传感器，视觉识别系统。工作时需要将每一种类型传感器技术特点耦合，才能准确地判断“周围是什么工作状态”，这三种类型传感器的技术特点如下表。

表 技术特点

	激光测距装置	毫米波传感器	视觉识别系统
位置定位	√	√	×
光线强弱	√	√	×
3D 建模	√	×	×
遮挡干扰	×	√	×
色彩识别	×	×	√

而衡器自动测量系统工作时“目前处于什么状态”，是通过施加在自身定位模块类传感器来实现的，基本上也是前期通过激光测距装置类传感器将四周环境情况记录下来，定位模块类传感器在工作中和已经记录的环境进行对比，从而达到“目前处于什么样的工作状态”。

2 传感器融合的原理

不同的传感器接收以及释放的信号信息是不一致的，这里包含了两方面的问题：一是空间坐标定位。通过安置在衡器自动测量系统上不同位置的传感器，将周围不同的情境、不同的画面用空间坐标定位的方式进行融合。二是时间坐标定位。每种传感器对外界环境（温湿度等）的感知频率（时间）是不一样的，这时需要通过计算平台将传感器不同的时间信号进行融合。除此之外，有时候传感器获得的回馈信息是彼此矛盾的，得到的指令结果截然相反，这就是传感器间出现了误差。这种情况下，我们需要利用“卡尔曼滤波算法”（The Kalman Filter Algorithm），就可以将不同传感器的信号信息耦合到一起进行融合^[3]。（鲁道夫·埃米尔·卡尔曼Rudolf Emil Kalman, 1930—2016, 匈牙利裔美国数学家）

比如：通过坐标定位系统得到衡器自动测量系统工作时的一个位置（期望位置），设为 Z_1 ，而坐标定位系统是有误差范围的，通过高斯分布（正态分布）得到误差大小（标准偏差）为 δ_1^2 ，这就首先得到了坐

标定位系统的信息。通过衡器自动测量系统上布置的其他坐标定位传感器（激光测距装置或视觉识别系统）也得到了一个位置，设为 Z_2 ，误差大小设为 δ_2^2 。

现在我们得到了两个不同的计算结果，这时需要通过“卡尔曼滤波算法”，得到一个最优估计值 Z ，见公式（1）。

$$Z = \frac{\delta_2^2}{\delta_1^2 + \delta_2^2} Z_1 + \frac{\delta_1^2}{\delta_1^2 + \delta_2^2} Z_2 \quad (1)$$

通过公式（1）将传感器数据进行了融合，同时融合传感器数据的新标准偏差 δ 值，见公式（2），

$$\frac{1}{\delta^2} = \frac{1}{\delta_1^2} + \frac{1}{\delta_2^2} \quad (2)$$

新的估计值 Z 介于 Z_1 和 Z_2 之间，比两者都要更接近于真实值。通过计算 δ 比 δ_1 和 δ_2 都要更小一些（误差更小），计算结果见图1。

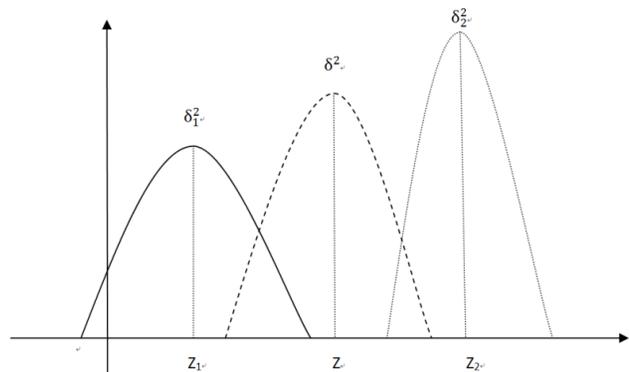


图1 卡尔曼滤波算法示意图

3 设备智慧化和优化操作系统

基于以上对于传感器的融合的概括，衡器自动化检测系统智慧化无论是补偿技术还是故障诊断容错算法研究，两者均是基于数据驱动的，数据是构建设备智慧化模型的基础。同时无论是何种神经网络亦或是机器学习，利用其实现期望的功能依赖于相应的数据挖掘算法，即模型的学习算法。

为验证所建立模型的有效性和合理性，需逐步建立完善的测试验证体系和不断优化操作系统，确

保衡器自动化检测系统的可靠性和合规性，解决衡器自动化检测过程中感知局限、数据孤立和响应滞后等问题，需通过两种方式来实现。一是标准化测试流程：制定相应传感器融合过程的测试规范和认证流程，包括精度测试、环境适应性测试、长期稳定性测试和可靠性测试等。二是行业标准制定：完善人工智能+衡器相关标准的制定，包括数据接口标准、通信协议、安全性要求和测试方法等，促进自动化检测行业发展和互联互通。

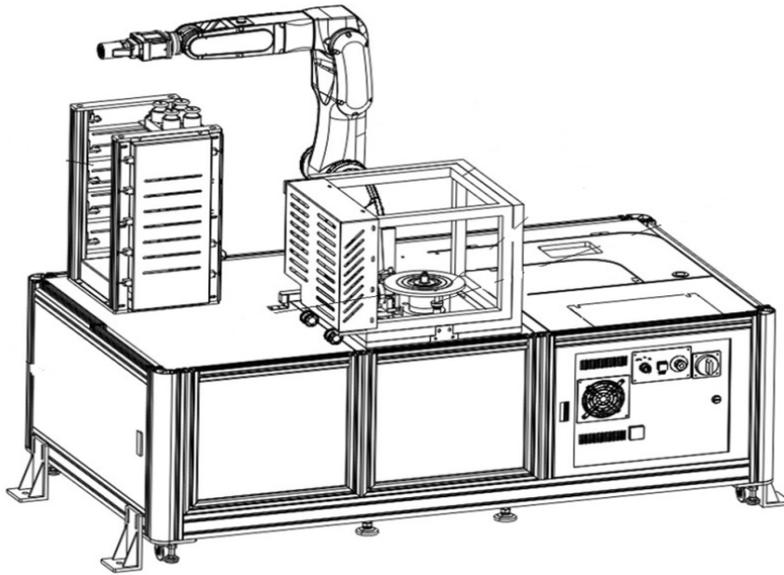


图2 衡器自动化检测系统硬件结构图

4 结语

衡器自动测量系统是工业自动化技术在计量领域的具体应用。通过实验室条件下的智能测控平台，实现了对衡器测量过程的自动化控制与数据实时采集^[4]。系统采用模块化设计，集成传感器融合、数据驱动和系统协同功能，可以提升衡器测量精度和稳定性，是智慧计量在自动化检测领域的积极探索，通过实际测试，可以实现砝码的自动加载，数据的自动采集，并生成完整的电子原始记录。系统的使用可以完全解放人力，避免人员操作造成的误差，提高工作效率，也为计量检测技术数字化智能化奠定了基础。

参考文献

[1] 李寒雷, 李东岳, 李迪. 基于RBF神经网络

的电子天平温漂补偿研究[J]. 衡器, 2024, 12(08): 45-47.

[2] 邱梅. 衡器计量检定与校准质量提升策略研究[J]. 中国品牌与防伪, 2025, 09(10): 129-131.

[3] 刘德儿, 程健康, 刘峻廷. 改进容积卡尔曼滤波的多目标多模态跟踪算法[J]. 传感技术学报, 2025, 07(38): 1253-1260.

[4] 李媛, 张莉莉, 金悦. 基于磁化率计法的砝码磁性测量结果及自动化分析[J]. 衡器, 2022, 51(08): 11-16.

作者简介

李东岳（1983—），男，高级工程师，硕士，从事衡器、质量检定研究工作。