

一种无线传输式电子吊钩秤在线校准系统的设计与应用

□张辉 米睿

(合肥市计量测试中心, 合肥 230088)

【摘要】本文设计了一种无线传输式电子吊钩秤在线校准系统, 该系统能够全程实时采集校准过程数据, 并通过开发砝码加载校验装置及自动采集数据和控制系统, 实现智能化、自动化校准。系统主要由硬件系统与软件系统组成, 具备数据采集和显示、数据校准和调整、校准报告生成、数据存储和管理、功能扩展、多设备支持及用户管理和权限控制等功能。应用该系统, 能够有效提升电子吊钩秤的校准效率和准确性, 降低校准成本, 增强安全性。相比传统人工加载砝码校准, 该系统具有显著的应用优势。

【关键词】电子吊钩秤; 在线校准; 智能化; 自动化

文献标识码: A

文章编号: 1003-1870 (2025) 08-0005-05

Design and Application of an Online Calibration System for Wireless Electronic Crane Scales

【Abstract】 In this paper, an online calibration system for wireless electronic hook scales is designed, which can collect real-time calibration process data throughout the whole process, and realize intelligent and automatic calibration through the weight-loaded calibration device and automatic data collection and control system. The system is mainly composed of hardware system and software system, and has functions such as data acquisition and display, data calibration and adjustment, calibration report generation, data storage and management, function expansion, multi-device support, user management and permission control, etc. The application of this system can effectively improve the calibration efficiency and accuracy of the electronic hook scale, reduce the calibration cost, and enhance the safety. This system has significant application advantages over traditional manual weight-loaded calibration.

【Keywords】 electronic hook scale; online calibration; intelligent; automatic

引言

电子吊钩秤是一种对处于自由悬吊状态下的被称物品进行称量的电子衡器。传统的电子吊钩秤计量方式存在工作效率低、劳动强度大、费时费力的缺点, 且吊装过程中极易引发安全事故。同时, 由于电子吊钩秤使用频繁, 失准问题无法及时发现。

随着人工智能技术、数字化技术在衡器计量领域的发展与应用, 智能化、自动化校准方式逐渐成熟, 能够有效回避传统模式计量及人为因素的干扰, 实现数据自动采集和智能化在线校准, 满足期间核查的要求。

1 系统设计思路

本文设计的无线传输式电子吊钩秤在线校准系统，旨在满足全程实时采集校准过程数据的需求，同时开发砝码加载校验装置，包括校准标准器和砝码加载装置。系统参照JJG 539-2016《数字指示秤》检定规程^[1]，开发自动采集数据及控制系统，并基于c++ 编程软件开发相关的分析软件及程序。该系统适用于目前市面主流的无线传输式电子吊钩秤，校准

范围为1t 到10t。通过在线校准系统软件，确保校准结果的准确性、可靠性，实现校准结果的智能评定和在线监控，增加在线校准和期间核查的功能，并自动生成报告。

2 系统构成与工作原理

2.1 系统结构

无线传输式电子吊钩秤在线校准系统的结构示意图如图1 所示。

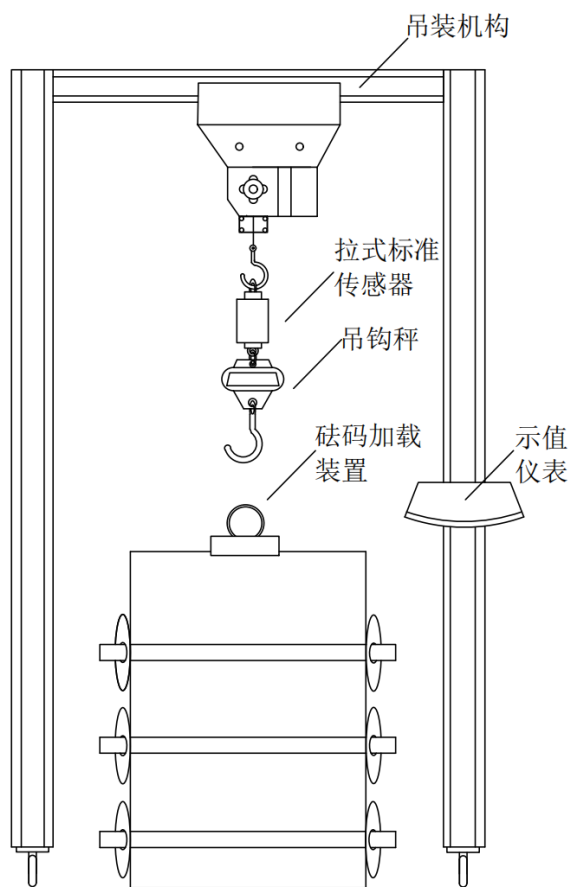


图1 电子吊钩秤在线校准系统结构示意图

2.2 硬件系统

硬件系统主要包括吊装机构、校准标准器（拉式标准传感器、示值仪表）以及砝码加载装置组成（如图1 所示）。拉式标准传感器需满足以下要求：一是标准器误差应不大于中准确度级电子吊钩秤施加该载荷下最大允许误差的1/3；二是具备鉴别阈检测功能，可实现分度为0.1d 的连续加载。校准标准器由力标准机进行溯源。砝码加载装置的主要作用是：在校

准时让砝码能够安全、平稳地悬挂于秤钩上，并满足大量程10t 载荷下的校准需求。

2.3 校准及验证过程

在校准过程中，将拉式标准传感器串联于被校准吊钩秤上端，并利用砝码加载装置加载砝码进行数据验证。启动吊装机构，吊起砝码加载装置，记录校准标准器数值、砝码质量数值和吊钩秤的累计初始值（或者清零），稳定时间至少为30 秒后停止，

以上完成一次校准。校准完成后，可将砝码加载装置转移到分离式控制衡器上，利用静态称重的数据对校准数据进行验证。

2.3.1 重量相对数值误差计算

计算公式如下：

$$E_1 = \frac{I_{\text{秤}} - I_{\text{标}}}{I_{\text{标}}} \times 100\%$$

式中：\$E_1\$——第一次校准的相对数值误差，%；

\$I_{\text{秤}}\$——第一次校准的被校准吊钩秤显示的数值，g 或kg；

\$I_{\text{标}}\$——第一次校准的校准标准器显示的数值，g 或kg；

被校准吊钩秤的n次相对误差的平均值计算公式为：

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$

式中：n——校准次数。

2.3.2 分离式控制衡器验证

根据JJG 648-2017 检定规程^[2]，采用分离检定法自动称重的误差公式：

$$E_{\text{分离}i} = \frac{(T_f - T_s) - L}{L} \times 100\%$$

式中：\$E_{\text{分离}i}\$——分离检定法累计吊钩秤的误差，%。

\$T_f\$——吊钩秤结束后累计指示重量值，g 或kg；

\$T_s\$——吊钩秤开始前主累计指示重量值，g 或kg；

\$L\$——分离式控制衡器显示称重的累计载荷的示值，g 或kg；

\$(T_f - T_s)\$的差值（如\$M_i\$或\$M_{st}\$）

分离检定法累计吊钩秤的n次相对误差的平均值计算公式为：

$$E_{\text{分离}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{\text{分离}i}$$

式中：n——验证次数，最终利用\$E_n\$与\$E\$的数据验证进行对比。

2.4 校准项目和校准方法

本项目采取拉式标准传感器与砝码加载装置结合的校准方式，配置在线校准系统进行无线数据采集与传输。根据JJF 2050-2023 中要求测量点包括零

点（或零点附近的点）、常用量或最大称量^[3]，也可根据客户需求增加测量点。判定方法为：校准系统发出远程比对指令，对所有在线的吊钩秤利用校准加载装置进行示值误差校准（期间核查），\$E_n\$应小于1。

计算公式为：

$$E_n = \frac{|Y_b - \bar{Y}_c|}{3u}$$

式中：\$Y_b\$——某一参比秤（被校准吊钩秤）的示值误差，g 或kg；

\$\bar{Y}_c\$——所有参比秤示值误差的平均值，g 或kg；

\$u\$——参比秤测量结果的标准不确定度。

2.5 数据自动采集模式协议

该系统支持多种通信模式，包括点对点接口（PPI）、多点接口（MPI）、PROFIBUS、MODBUS RTU、自由口通信等，基于字符的异步通信协议，带有起始位、8位数据、奇偶验证和一个停止位。在自由口模式中，可自定义与其他串行通信设备通信的协议，通过使用接收中断、字符中断、发出指令（XMT）和接收指令（RVC），实施系统与校准标准器的通信，并与其他称重模块通信，完成在线校准功能。

称重模块中通常会使用 Modbus RTU 通信协议读取称重传感器中的重量数据。在 Modbus RTU 通信协议中，数据采用 16 位的寄存器地址进行表示，通过读取指定地址和数量的寄存器数据，获取称重传感器当前的重量数据。同时，Modbus RTU 通信协议还支持多种数据格式和编码方式，可根据具体的传感器型号和规格进行设置和调整，以满足不同的应用需求。

2.6 系统软件功能

2.6.1 数据采集和显示

吊钩秤校准软件可实时，以采集和显示吊钩秤设备的数据，并以数字或图形的形式展示当前的重量数据。

2.6.2 数据校准和调整

软件可以进行数据校准和调整，以确保吊钩秤设备的准确性和稳定性。校准时需使用标准质量物品（砝码或者砝码加载装置均可）进行比对，并对数据进行校准和调整。

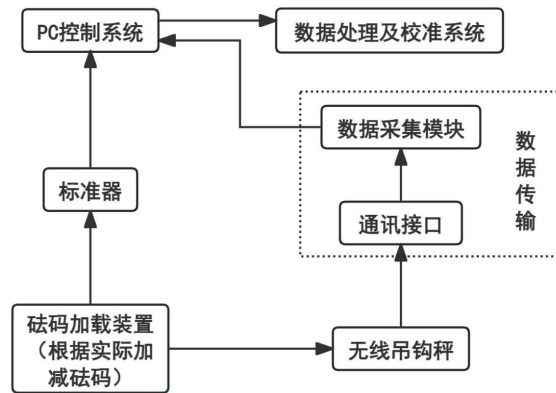


图2 无线传输式电子吊钩秤校准流程图

2.6.3 校准报告生成

软件可以生成校准报告，记录校准结果和过程。校准报告应包括校准日期、校准人员、校准结

果等信息，并可采用图表和表格的形式进行展示和输出，如图2所示。

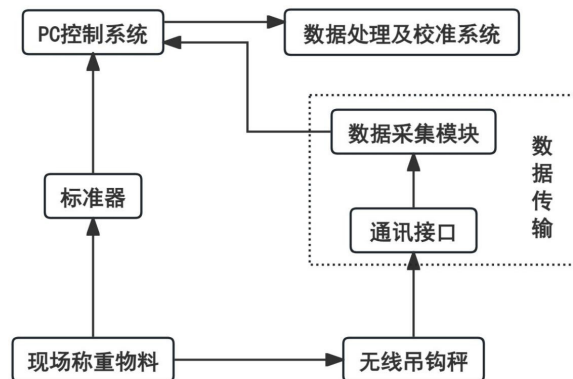


图3 无线传输式电子吊钩秤在线校准流程图

2.6.4 数据存储和管理

软件具备数据存储和管理功能，可对校准数据进行查询和筛选。在数据存储和管理过程中，需注意数据的保密性和安全性，以防止数据泄露和损坏，如图3所示。

2.6.5 功能扩展

为满足不同用户的需求和应用场景，软件具备功能扩展能力。如增加数据导入和导出功能、数据分析和处理功能、报表生成和打印功能等，以提高软件的实用性和用户体验。

2.6.6 多设备支持

软件支持多种不同规格型号的吊钩秤设备，并能够自动识别和连接设备。

2.6.7 用户管理和权限控制

软件提供用户管理和权限控制功能，管理员可管理和控制用户的访问权限和操作权限。

吊钩秤校准软件是用于校准吊钩秤设备的重要工具，其功能和性能对吊钩秤设备的准确性和稳定性具有重要影响。在进行吊钩秤校准软件的设计和开发时，需要充分考虑用户需求、数据准确性、功能扩展、数据保护等方面的问题，并根据具体的应用场景和需求进行调整和优化，如图4所示。



图4 软件显示界面图

3 应用优势

与传统人工加载砝码校准相比，该在线校准系统具有以下显著优势：

（1）提高工作效率

在线校准系统能够显著提升工作效率，节约时间和人力成本。在电子吊钩秤的吊装、装卸搬运环节中进行校准更加便捷，避免了因校准造成停工，从而提高了工作速率。

（2）增强安全性

在线校准系统大大提高了砝码加载时的安全性，避免了人工校准可能带来的安全风险。通过集中化监控，能够及时发现并解决潜在的安全问题，从而增强了工作的安全性。

（3）提升准确性与可靠性

电子吊钩秤的在线校准系统通过精确的校准过程，保证了称重的准确性。这种高精度的称重工具在各种应用场合中非常重要，尤其是在需要精确计量的行业中，如冶金、化工等，其准确性对于保证产品质量和安全至关重要。

（4）降低成本

虽然初始的投资可能较高，但长期来看，该系统能够降低维护成本和人工成本。通过减少人工干预和频繁的现场校准需求，企业可以节省大量时间和金钱，同时提高设备的可靠性和耐用性，从而降低了总体成本。

4 结语

随着计量行业信息技术和网络技术的发展，在线校准系统为无线传输式电子吊钩秤的自动化检定技术水平的提升提供了有力支持。传统的检定、校

准模式无法满足在线合理性的安全需求，而在线校准的必要性已提升至新的高度。在国家政策的大力支持下，专业计量检定机构需积极推动计量校准自主创新技术的发展。

无线传输式电子吊钩秤在线校准系统的成功开发，为依据校准规范进行在线计量校准的方法，确保了电子吊钩秤计量性能的准确性，为企业的产品质量安全提供保障和技术依据。在商品应用端来看，电子吊钩秤在国内是化工、石油、医药、食品、油脂、印染、冶金、环保、轻工等行业中用途广泛且重要。因此，研究了一套无线传输式电子吊钩秤在线校准系统，能够满足多种行业生产需要，为行业发展提供坚实计量技术支撑，具有显著的经济效益和重大的社会意义。

参考文献

- [1] JJG 539-2016 《数字指示秤》.
- [2] JJG 648-2017 《非连续累计自动衡器（累计料斗秤）》.
- [3] JJF 2050-2023 《无线电子秤校准规范》.

作者简介

张辉，男，正高级工程师。毕业于浙江大学电气工程与自动化专业，合肥市计量测试中心总工程师，现为中国计量测试学会质量计量专业委员会委员，安徽省衡器计量技术委员会副主任委员，《衡器》杂志编委。研究方向：衡器，能源计量方向。