

电子吊秤自动化检定关键技术与装置设计

□孙兆军 赵栋 杨灵珊

甘肃省计量研究院

【摘要】针对日常电子吊秤检定过程中操作不规范、自动化程度低及部分检定项目受限等问题，提出一种集成大砝码组件与闪变检测结构的电子吊秤自动检定装置。该装置以主支架为承载基础，集成大砝码组件与闪变检测结构，通过升降机构实现载荷稳定加载，采用模块化设计的大砝码组件满足不同量程电子吊秤的检定需求，利用对称设计的微型砝码串与升降滑台结构实现精准的闪变测试，同时，增设旋转组件满足规程要求的旋转检定项目操作要求，通过结构优化设计与机电一体化控制，显著提升了检定的安全性和效率。相比目前的检定方式，该装置在精度与功能性上均实现显著提升，为电子吊秤的自动化检定提供了可靠技术手段。

【关键词】电子吊秤；检定装置；闪变测试；自动加载

文献标识码：A

文章编号：1003-1870（2026）06-0042-04

Research on Key Technologies and Device Design for Automated Verification of Electronic Crane Scales

【Abstract】To address issues such as non-standard operations, low automation levels, and limitations in certain verification items during daily electronic crane scale verification, this paper proposes an automatic verification device for electronic crane scales integrating a large weight assembly and a flicker detection structure. Taking the main frame as the load-bearing foundation, the device integrates a large weight assembly and a flicker detection structure. It achieves stable load application through a lifting mechanism, meets the verification requirements for electronic crane scales of different ranges by using a modularly designed large weight assembly, and realizes precise flicker testing by utilizing a symmetrically designed micro-weight string and a lifting sliding table structure. In addition, a rotating component is adopted to meet the operation requirements for rotation verification items as specified in the regulations. Through structural optimization and mechatronic control, the safety and efficiency of the verification process are significantly improved. Compared with current verification methods, this device achieves significant improvements in both accuracy and functionality, providing a reliable technical means for the automated metrological verification of electronic crane scales.

【Keywords】electronic crane scale; calibration device; flicker test; automatic loading

引言

电子吊秤作为非自动衡器的一种典型产品，因其具有数显直观、操作简单、适应性强等特点，广泛应用于港口、物流及重型机械行业的货物称重。根据JJG539-2016《数字指示秤检定规程》要求，电子吊秤在使用中需进行周期检定，以确保其量值准确可靠。据统计，仅我国港口物流领域每年需检

定的吊钩秤数量超过10万台，涵盖多种量程规格，对检定装置的量程适应性与检测精度提出了严苛要求。

目前，国内外电子吊秤检定装置主要分为静重式和叠加式两类。静重式装置主要以标准砝码的重力作为标准载荷，通过某些机械机构将载荷直接施加于被检电子吊秤，具有检测精度高、稳定性好的

优势，但制造成本较高。叠加式装置采用高精度标准测力仪与被检吊钩秤串联，通过液压或机械方式施加负荷，具有制造成本低、工作效率高的特点，其用于衡器企业的部分衡器产品性能检测，且检定过程中无法实现闪变点法确认化整前的示值检测，难以满足高精度计量检定的要求。此外，现有两类装置均未考虑电子吊秤在实际使用中可能存在的旋转工况，日常检定与实际应用场景存在偏差，导致检定结果的有效性受到影响。

因此，研制一种兼具多量程、符合检定规程要求的电子吊秤自动化检定装置，解决现有装置部分检测功能受限的不足，对于提升电子吊秤检定的准确性和全面性具有重要的实际应用价值。

1 设计依据

本文设计的电子吊秤自动检定装置，能够满足最大秤量为1t、3t、5t的电子吊秤的自动检定操作，检定依据JJG539-2016《数字指示秤》国家计量检定规程完成电子吊秤的置零准确度、称量、除皮准确度、除皮后称量、重复性、旋转、鉴别阈等全项目的测试内容。

2 自动检定装置的原理及构成

电子吊秤自动检定装置如图1所示，其主要由主支架、升降机构、旋转结构、大砝码组件、闪变检测结构及电控系统组成。

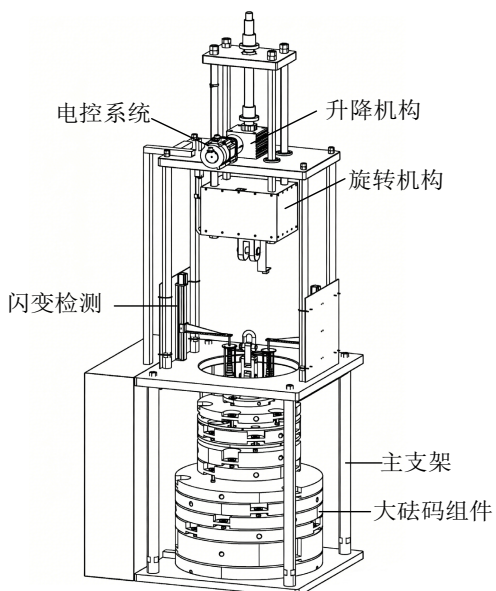


图1 电子吊秤自动检定装置主体结构

2.1 主支架的设计

主支架作为整个检定装置的承载基础，由顶板、支撑板、底板与支撑杆通过高强度螺栓组装而成，材料选用钢材，经有限元分析验证，在20t负荷下最大变形量小于0.2mm，满足装置的结构强度与稳定性要求。底板上安装大型砝码组件，支撑板中间开设通孔供大型砝码组件上下运动，顶板下方通过升降机构连接旋转组件与连接头，支撑板上方对称布置闪变检测组件，一侧设置电控箱用于装置的整体控制。

2.2 升降机构的设计

升降机构是实现载荷稳定加载的核心部件，要求具有较高的升降精度、稳定性与承载能力。升降机构主要由升降板、丝杠、驱动电机、导杆与定位传感器组成。驱动电机选用伺服电机，额定功率3kW，额定转速3000r/min，通过行星齿轮变速箱减速后，输出转速为50r/min，确保负荷加载平稳。丝杠选用滚珠丝杠，导程10mm，丝杠一端通过联轴器连接驱动电机输出轴，另一端通过轴承座固定于顶板下方，丝杠贯穿升降板并与升降板螺纹连接，将电机的旋转运动转化为升降板的直线运动。升降板采用钢板焊接而成，厚度为20mm，四角开设导杆孔，导杆直径为30mm，表面经镀铬处理，导杆贯穿顶板与升降板，下端连接旋转组件的箱体，起到导向与支撑作用，确保升降板运动过程中无偏摆，提升加载稳定性。顶板底面与箱体之间设置定位传感器，用于检测升降板的升降位置，定位精度达 $\pm 0.01\text{mm}$ ，实现负荷加载的精准控制。当升降板上升至设定位置时，定位传感器发出信号，驱动电机停止运行，确保加载负荷的准确性。

2.3 旋转结构的设计

为满足电子吊秤在实际使用中的旋转工况，提升检定结果的真实性与全面性，设计了旋转结构组件如图2所示，旋转组件主要由箱体、旋转驱动气缸、齿轮、转轴与相机安装架组成。箱体采用铝合金铸造而成，重量轻且强度高，内部中间通过轴承转动设置转轴，转轴下端与连接头固定连接，上端通过平键连接齿轮。旋转驱动气缸选用导杆气缸，额定工作压力0.6MPa，输出轴上连接驱动齿轮，与转轴上的齿轮啮合，传动比为1:5，实现转轴的

减速旋转。通过控制气缸的伸缩行程，可实现转轴0~360°的连续旋转，旋转角度精度达 $\pm 1^\circ$ ，满足不同旋转工况的检定需求。箱体底面设置相机安装架，用于安装工业相机，相机镜头正对被检吊钩秤的显示面屏幕，实时采集吊钩秤的示值数据，并上传至电控箱的PLC控制器，实现示值的自动化读取与记录，避免人工读数带来的误差（如图2所示）。

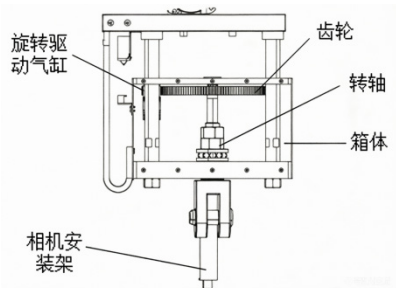


图2 旋转结构示意图

2.4 大砝码组件的设计

大砝码组件是提供主要检定载荷的重要部件，采用模块化设计，以满足不同量程电子吊秤的检定需求。如图3所示，大砝码组件由第一砝码串、第二砝码串通过连接杆连接组成，上端设置吊环用于连接被检吊钩秤。砝码材质选用不锈钢，密度均匀，等级为M1级，符合JJG 99-2025《砝码》检定规程要求。锥形砝码采用倒锥形设计，与放置槽的锥面贴合，确保加载过程中力值传递准确，避免偏心负荷影响检定精度（如图3所示）。

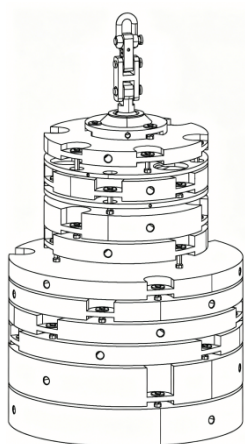


图3 大砝码组件结构图

2.5 闪变检测组件

闪变检测组件是实现电子吊秤化整前示值误差及鉴别阈检定操作的关键部件，用于检测吊钩秤

在微小载荷变化时的示值响应能力。如图4所示，闪变检测组件包括对称设置在吊环两侧的微型砝码串、升降滑台组件、升降臂、砝码支架与接近传感器（如图4所示）。

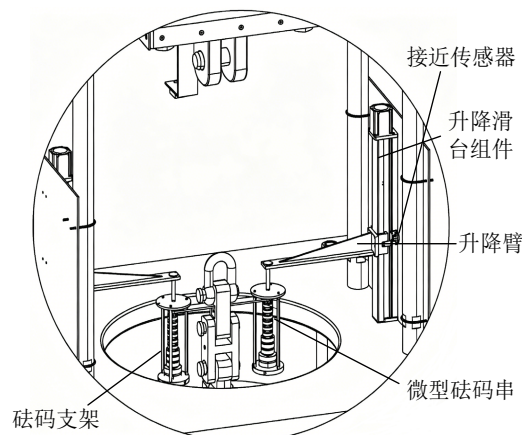


图4 闪变检测组件结构图

升降滑台组件选用的电动滑台，行程为200mm，定位精度达 $\pm 0.02\text{mm}$ ，对称设置在支撑板两侧。升降滑台组件上设置有延伸至微型砝码串上方的升降臂，升降臂末端连接砝码支架。砝码支架包括上下对称设置的两块支撑板，两块支撑板边缘通过三根连杆固定连接，微型砝码串设置在两块支撑板之间，支撑板用于支撑微型砝码串，通过升降滑台组件带动砝码支架上下运动，调节微型砝码串的加载状态。升降滑台组件一侧设置接近传感器，用于对升降滑台组件的运动进行限位，避免过度升降导致部件损坏。当进行闪变检测时，升降滑台组件驱动升降臂带动砝码支架缓慢下降，微型砝码在重力作用下依次加载于吊环上，使吊钩秤示值逐渐闪变，通过相机采集示值变化，分析并计算示值误差。

2.6 电控系统

电控箱是装置的控制核心，集成PLC控制器、触摸屏、伺服驱动器、气缸电磁阀、数据采集模块与电源模块。伺服驱动器与升降机构的伺服电机配套，实现电机的精准调速与定位控制；气缸电磁阀控制旋转驱动气缸的伸缩，实现转轴的旋转；数据采集模块用于采集工业相机的图像数据，并将其转换为数字信号传输至PLC控制器；电源模块为各部件提供稳定的供电。

3 检定流程与控制逻辑

首先,检定人员通过软件系统设置电子吊秤检定所需基本参数后,控制系统开始工作,进行零点确认、读取空载数据。然后,根据系统提示,将被检电子吊秤挂在装置对应位置上,PLC 控制器发出指令,伺服驱动器驱动升降电机启动,带动大型砝码组件上升,实现负荷加载;定位传感器检测到升降板到达设定位置后,反馈信号至PLC,电机停止运行;工业相机采集吊钩秤示值并传输至PLC,PLC 将示值与标准砝码重量对比,计算示值误差;如需进行闪变检测,PLC 控制升降滑台组件动作,带动砝码支架下降,微型砝码依次加载,同步采集示值变化,如需进行旋转检定,PLC 控制旋转驱动气缸动作,带动转轴旋转至设定角度,重复精度检定流程;所有检测数据实时显示在电脑显示屏上,检测完成后自动生成检定报告,可通过U 盘导出或打印机打印。

4 结语

本文设计了一套结合大砝码组件与闪变检测结构的电子吊秤自动检定装置。该装置通过电机驱动和自动控制,实现了检定过程的自动化和数据的智能化采集。该装置主要有以下优势:

(1) 通过增加闪变检测组件,实现了电子吊秤鉴别阈的自动化检定测试。

(2) 利用高精度微型砝码串进行微小力值加载,比液压或机械加力更稳定、准确。

(3) 一体化集成了升降、旋转、加载、检测等功能实现,适合计量院所的实验室检定环境,显著提高了检定效率和准确度,具有较高的推广应用价值。

参考文献

[1] 赵栋,孙兆军,白天禄等.电子吊秤自动化检定的研究综述及展望[J].工业计量,2025,35(01):1-5.

[2] 蒋曦初,黄现云,朱浩等.小型电子吊秤称量测试装置的研制[J].衡器,2019,48(07):10-12.

[3] 王喜阳,刘文佳,肖福礼等.电子吊秤检定装置结构变形试验仿真与自动补偿技术[J].工业计量,2025,35(04):41-45.

[4] 庞建伟.电子吊秤砝码自动加载控制装置设计研究[J].计量与测试技术,2019,46(08):43-44+48.

[5] 蒋曦初,朱浩,董晨光等.基于PLC的电子吊秤砝码加载技术研究[J].衡器,2018,47(11):10-12.

[6] 朱浩,董晨光,蒋曦初等.一种电子吊秤自动检定装置[J].衡器,2018,47(09):25-27.

[7] JJG 539—2016 数字指示秤计量检定规程[S].

[8] 董晨光,朱浩,蒋曦初.电子吊秤鉴别阈自动检测装置的设计研究[J].工业计量,2019,29(03):39-41+45.

[9] 尚贤平,费利萍,余松青等.电子吊秤性能检测装置的关键技术研究与应用[J].中国科技成果,2017,(17):47-48,52.

[10] 马丙辉,韩炜虹,劳倚虹等.电子吊秤计量测试装置的研制及实践[C]//称重技术研讨会.中国衡器协会,2015.

本论文得到甘肃省自然科学基金(23JRRA1708)和甘肃省计量研究院科技计划项目(GJY2023002)的资助。

作者简介

孙兆军,男,1992年生,硕士研究生学历,工程师,国家一级注册计量师,计量标准二级考评员,主持或参与科研项目3项,主要研究方向:衡器计量、动态称重技术。

赵栋,男,1983年生,研究生学历,高级工程师,现任甘肃省计量研究院衡器计量研究所所长,主持起草地方计量技术规范2项,现主持省部级、厅局级科研项目各1项,主要研究方向:衡器计量。