

# 基于丝码阵列的电子秤自动检定装置结构设计

□王喜阳 刘文佳 肖福礼 南璟 苏焱 孙怀号

(陕西省计量科学研究院, 西安 710100)

**【摘要】**针对目前电子计价秤检定存在劳动强度大、数据记录繁琐的问题,本文依据JJG 539-2016 检定规程要求,提出一种全自动检定系统解决方案。通过分析量程15kg与30kg电子计价秤的结构特征与计量特性,创新设计了由丝杠传动台、主砝码串及丝码加载机构组成的机械执行系统,实现了15kg、30kg两个量程电子秤的置零准确度、偏载、重复性、示值误差、称量、除皮称量和鉴别阈等计量特性的自动化作业。系统集成机器视觉技术构建非接触式数据采集模块,有效减轻了检定人员的工作强度。研究成果为民生计量器具的高效检定提供了可复制的技术路径,对保障贸易公平、提升计量监管效能具有重要实践价值。

**【关键词】**电子秤;自动检定装置;丝码阵列;机器视觉

文献标识码: A 文章编号: 1003-1870 (2025) 04-0005-06

## Structural Design of a Fully Automatic Verification Device for Electronic Scales Based on Slight Weight Array

**【Abstract】**In view of the current problems of high labor intensity and cumbersome data recording in the verification of electronic price computing scales, this paper proposes a solution of fully automatic verification system according to the requirements of JJG 539-2016 verification regulations. By analyzing the structural characteristics and metrological characteristics of 15kg and 30kg electronic price computing scales, a mechanical execution system consisting of screw drive table, main weight string and slight weight loading mechanism is innovatively designed, which realizes the automatic operation of the metrological characteristics of the 15kg and 30kg electronic scales, such as zero-setting accuracy, eccentric load, repeatability, indication error, weighing, tare-deducted weighing and discrimination threshold. The system integrates the machine vision technology to build a non-contact data acquisition module, which effectively reduces the work intensity of verification personnel. The research results provide a reproducible technical path for the efficient verification of public measuring instruments, and have important practical value for ensuring trade fairness and improving metrological supervision efficiency.

**【Keywords】**electronic scale; automatic verification device; slight weight array; machine vision

### 引言

目前我国市场中常见的电子计价秤多为中准确度等级(Ⅲ级)的电子秤,其中以量程为15kg与30kg的电子计价秤为典型代表。上述两类电子秤

在我国市场所占数量庞大,随着计量事业的快速发展,电子计价秤的检定任务日益繁重。因此,开发一种能够实现全自动检定的装置,以提高检定效率、降低人工干预、确保检定结果的准确性和一致



### 1.2 丝杠传动部分设计

丝杠传动部分由三条丝杠和对应的丝杠电机组成。丝杠电机由控制系统控制，竖向丝杠与载物台相连接，实现电子计价秤在装置内部的精确位移。通过控制系统的调节，丝杠电机能够确保秤体在检定过程中按照预定轨迹平稳移动。

### 1.3 载物台部分设计

载物台部分由载物台、计价秤位置固定螺杆和电动推杆组成。计价秤位置固定螺杆通过左右夹紧电子计价秤，确保其在检定过程中的稳定性。电动推杆可在载物台的长条孔内滑动，用于按压秤上的“去皮”键与“置零”键，以实现程序的自动化操作。载物台结构示意图如图2所示。

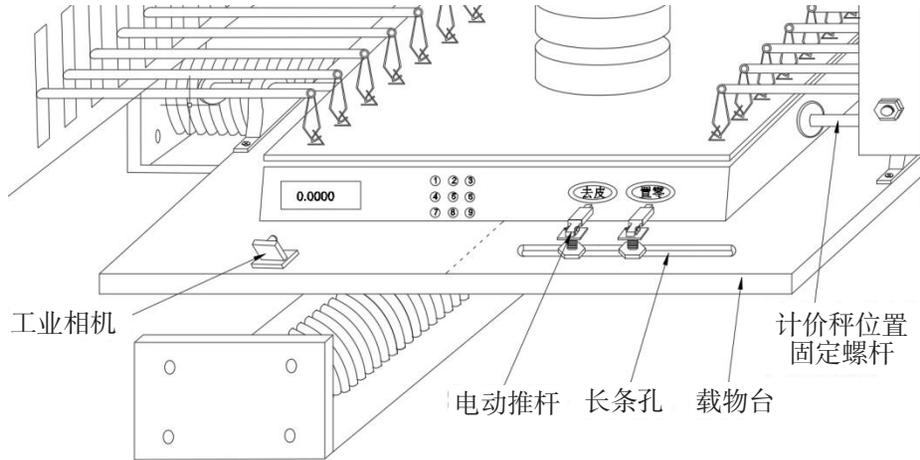


图2 载物台部分结构示意图

### 1.4 砝码串部分设计

砝码串部分由砝码串及砝码串电机组成。砝码串电机固定在装置顶部，而砝码串则垂吊在装置内部，正对载物台的中心。通过电机驱动，砝码串能够以不同数量的砝码叠加在电子计价秤的台面上，满足不同检定重量的要求。在本次研究中，砝码串总重为30kg，当电子计价秤量程为15kg时，主砝码串电机将驱动质量为15kg砝码串组下降至电子计价秤秤面；量程为30kg的电子计价秤同理。5kg砝码电机驱动5kg砝码下降至电子计价秤台面，以满足15kg

与30kg量程电子计价秤的除皮称量项目检定。

### 1.5 闪变砝码（丝码）加卸载部分设计

闪变砝码（丝码）加卸载部分由抬放箱体、丝码挂钩、丝码、连杆、连杆轴、小凸轮、小电机轴及其固定工装组成。小电机通过驱动小凸轮转动，从而控制连杆上的丝码挂钩，完成丝码的下落与抬升动作。这一部分的设计使得砝码可以按需快速抬放，实现示值化整误差的测量。该部分的设计提高了装置的灵活性与检定效率。其工作原理如下图3所示。

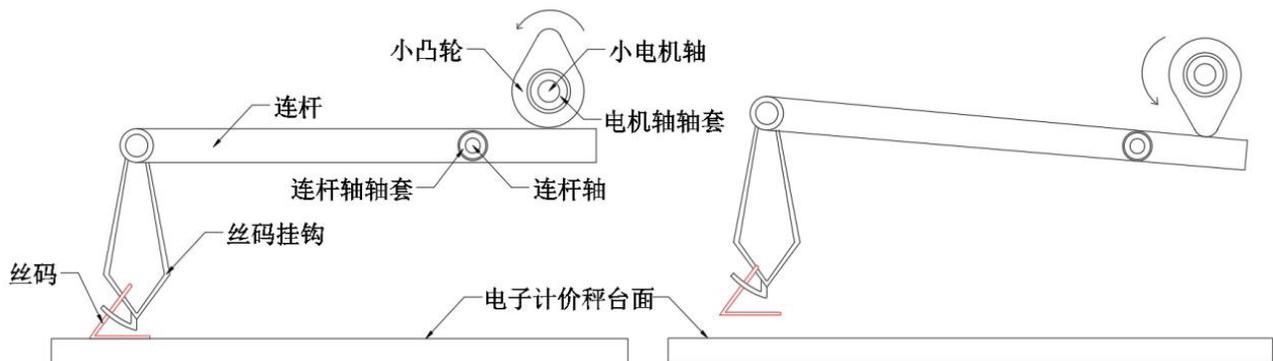


图3 丝码工作原理示意图

本研究设计的丝砵重量为500mg，丝砵数量为40个。本装置所用丝砵，实际上是对现有丝砵的外形结构进行了改进（如图4所示），避免了砵码重新铸模制造的需求，从而有效降低了成本。通过试验验证，改进后的丝砵结构在稳定性方面有了显著提升。改进后的结构设计使得丝砵与丝砵挂钩之间能够通过结构上的巧妙设计实现空间错位。当丝砵挂

钩下落时，丝砵能够稳定地落置在电子计价秤的台面上，并且在此过程中，丝砵与丝砵挂钩之间保持不接触。当丝砵挂钩上升到一定高度后，丝砵挂钩与丝砵之间发生接触，并通过此接触将丝砵抬起，从而使丝砵脱离电子计价秤的秤面。其丝砵及其挂钩配合如图5所示。

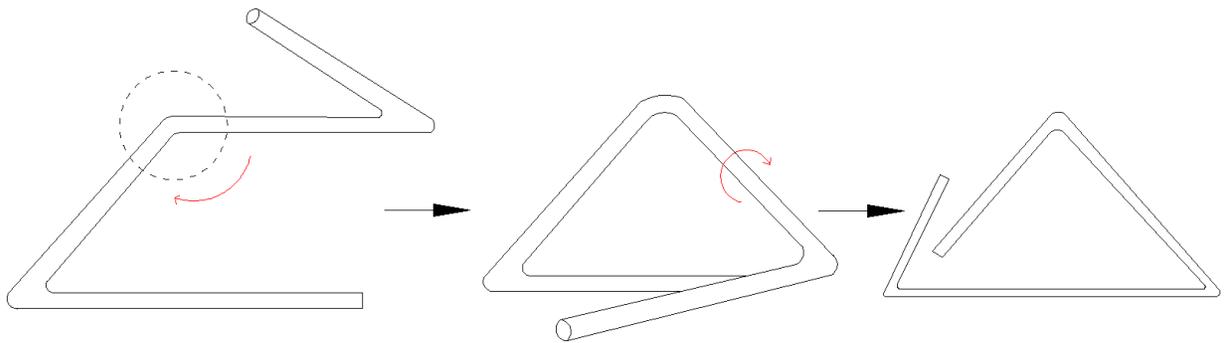


图4 传统丝砵结构改造示意图

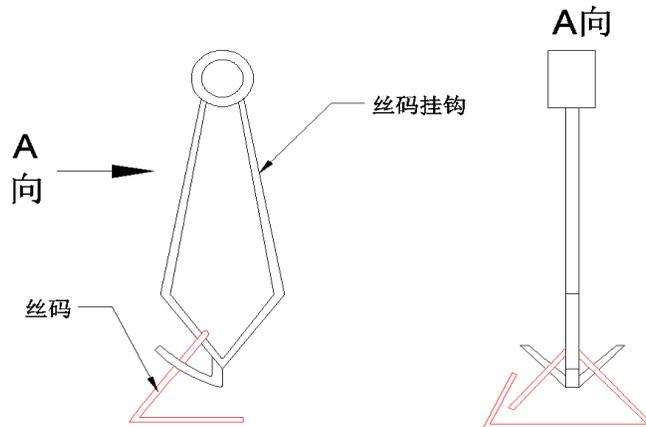


图5 丝砵与丝砵挂钩配合示意图

### 1.6 控制硬件部分设计

控制硬件部分由控制柜箱体、工业相机组成。控制柜内部为控制系统硬件，通过编程控制装置中的各个电机和执行机构，实现自动化的检定流程。同时，控制系统还负责存储工业相机采集的图像，为后续的数据分析与质量追溯提供依据。

### 2 机器视觉识别

电子计价秤的显示仪表一般由多位数码管组成，每位数码管由8个发光二极管（LED）构成，具

体包括7个长条形的二极管用于显示数字的各个部分（即七段显示），以及1个圆点形的二极管用于显示小数点。通过快速的动态连续扫描技术，显示系统能够逐位依次更新每个数字的显示内容，实现数字的即时显示。例如，当显示数字“5”时，相应的七段显示管会点亮适当的LED来形成该数字的图形，而圆点二极管则在需要显示小数点的地方点亮，从而精确地呈现数字信息，如图6所示。



图6 电子计价秤数码管

电子计价秤显示仪表除上述数码管显示型式之外，还存在LCD液晶显示型式，LCD液晶显示较暗，但我国市面上的电子计价秤都具备LCD屏幕亮光功能。因此，利用该装置检定LCD液晶显示屏计价秤时，按下秤体上的LCD亮屏功能键后工业相机就能准确识别电子计价秤称重示数。

本研究采用Matlab编程，实现了对电子计价秤数字显示内容的自动识别功能。通过配置相机系统，能够捕捉电子计价秤显示屏上的数字、符号以及小数点的位置，包括从0到9的所有数字，以及特殊符号如“-”符号和“.”符号。Matlab中的图像处理算法被应用于从相机获取的图像数据中提取这些数字和符号，通过图像识别技术（如边缘检测），有效识别并解析显示屏上不同的符号。

电子秤的称重结果稳定时间一般在1~2s内，本装置在相机程序采集内设定了采集延时函数，即砝码加载至电子秤上后，延时5s采集示数，此时电子秤已经处于稳定状态，采集的示数可靠。

为了进一步提高识别精度，本研究采用了基于模式识别的算法对输入的图像进行处理和分析，成功实现了数字、符号的准确识别，进而为自动化检定和数据采集提供了技术支持。这一成果的实现，不仅使得电子计价秤的数字识别过程变得更加智能化，还为后续开发更复杂的自动检定系统奠定了基础。

### 3 装置工作流程简述

将电子计价秤放置在置物台上后，用位置固定螺杆固定好计价秤，再将两个电动推杆对准秤面上的“去皮”及“置零”键。自动检定装置将按照：

偏载—重复性—示值误差—去皮误差—鉴别阈为顺序，以量程为15kg的电子计价秤为检定对象，将工作流程简要陈述如下。

#### 3.1 偏载检定

通过丝杠传动，电子计价秤在检测过程中实现空间移动。当电子计价秤移动到左上角与砝码串对准，砝码串电机启动，砝码串下落并压在秤台上，计价秤显数框显示示值。待示数稳定后，工业相机记录示数。随后，砝码串电机反转将砝码串抬起，丝杠带动电子计价秤移动至右上角与砝码串对准。重复上述操作，直至采集完5个位置（左上、右上、右下、左下、中心）数据，完成偏载性能检测。

#### 3.2 重复性检定

全自动检定装置开始第二项重复性检测。当完成偏载检测后，电子计价秤的中心对准砝码串的中心。砝码串电机启动，驱动砝码串上质量总和为7.5kg的砝码下落压在秤中心，计价秤显数框显示示数。待示数稳定后，工业相机记录示数。砝码串电机反转将砝码串抬起，每次抬起后间隔5秒再下落，重复此过程并记录五组数据，完成重复性检测。

#### 3.3 示值误差检定

根据检定规程要求，量程为15kg的电子计价秤升程检测点依次为100g、2.5kg、7.5kg、10kg、15kg，降程检测点依次为100g、7.5kg、2.5kg、10kg；然后由砝码串电机按照程序设定依次使得砝码串下落100g、2.5kg、7.5kg、10kg、15kg的砝码至电子秤秤面，然后砝码串再依次上升，使得秤面分别受10kg、7.5kg、2.5kg、100g的砝码重量。每次加载间隔3秒，共测得九组数据，完成示值误差性能检测。

#### 3.4 去皮误差检定

完成示值误差检定后，载物台上的电动推杆启动，推杆变长触动“置零”按键后，顶部5kg砝码电动推杆启动，将5kg砝码下落至电子计价秤台面，此时载物台上的另一个电动小推杆启动，推杆变长触动电子秤“去皮”按键。然后装置按照程序设定，分别进行100g、2.5kg、7.5kg、10kg五个称量点的数据采集，工业相机依次记录上述示数。

### 3.5 鉴别阈检定

鉴别阈的检测应该在3个不同的载荷下进行检定,分别是min、max/2、max三种情况下,故选取10g、10kg与15kg。本文将以10kg鉴别阈值称量点为代表简述装置工作原理:砝码串电机驱动砝码串落下总质量为10kg的砝码下落至电子计价秤台面,同时也有30台小电机接到指令开始转动驱动小凸轮随转,小凸轮的转动使连杆上的丝码挂钩下落,共15g质量放置在电子计价秤10台面上,此时计价秤显数框显示示数,待示数稳定不再变化,工业相机记录下此时示数后,单个小电机接到指令开始反转驱动连杆上的丝码挂钩上抬,将丝码抬升脱离电子计价秤台面;间隔3秒后,第二个小电机开始反转从而带动第二个丝码脱离电子计价秤台面;间隔3秒后,第三个小电机开始反转从而带动第三个丝码脱离电子计价秤台面……直到工业相机捕捉到计价秤显数框显示示数发生变化后停止丝码脱离电子计价秤台面,随后驱动共14g的丝码下落至电子计价秤台面,即28台小电机同时驱动,此时计价秤显数框显示示数,待示数稳定不再变化后,工业相机16记录下此时示数。至此,全自动电子计价秤完成该15kg电子计价秤的五项性能检测,控制存储部分会将各项检定数据自动生成原始记录。

### 4 结语

本文所设计的基于丝码阵列的电子计价秤全自动检定装置,通过砝码串与丝码阵列的自动化控制与机器视觉识别技术的结合,能够实现该计量器具所有控制项目的检定,符合JJG 539-2016《数字指示秤》检定规程的要求,该装置降低了检定人员的劳动强度,确保了检定结果的准确性和可靠性。经过试验可知,本装置实现一台电子秤的检定需要80分钟,而人工检定需要50分钟,因为本装置为了采集到的示值稳定可靠,在程序中设置了较多的延迟函数,因此工作时间相较人工略长。该装置的设计理念和技术实现为电子秤自动检定领域注入了新的活力,为未来的研究和开发提供了参考,推动了电子秤自动化检定技术的发展和革新。

### 参考文献

[1] 王卫星. 电子秤自动检定装置的研究. 科学与

财富[J], 2016, (12):57-58.

[2] 董晨光, 朱洁, 蒋曦初. 电子吊秤鉴别阈自动检测装置的设计研究. 工业计量[J], 2019, (3):39-45.

[3] 立志飞, 王成李. Labview的电子秤自动检定装置设计[J]. 中国计量学报. 2012, (2):141-144.

[4] 韩亚莉, 陈慧军, 盛俞汇. 基于伺服控制系统的砝码自动加载装置的设计[J]. 中国仪器仪表, 2024, (2):44-47.

[5] 李美凤. 一种基于人工智能的电子秤检测装置设计与研究[J]. 市场监管与质量技术研究, 2023, (4):10-18.

[6] 郭琳琳, 马健, 黄坚. 一种基于人工智能的电子案秤检定系统的研制[J]. 衡器, 2023(11):18-23.

### 作者简介

王喜阳(1981—), 女, 高级工程师, 国家一级注册计量师, 全国衡器计量技术委员会委员, 陕西省质量衡器计量技术委员会副主任委员兼秘书长, 国家二级计量标准考评员, 陕西省法定计量检测机构考评员, 陕西省计量科学研究院青年技术骨干, 主要从事力学计量检测与研究。

主持起草JJF(陕)023-2020《自动分检衡器校准规范》地方计量技术规范, 参与完成陕西省工业攻关计划项目“公路计重收费动态计量防作弊监控系统(加密装置)”、陕西省质量技术监督系统科研项目“120t整车式动态公路车辆自动衡器检定装置研究”, 参与起草完成JJG1130-2016《托盘扭力天平》国家计量检定规程、JJG(陕)22-2014《整车式公路车辆衡器》、JJG(陕)01-1206《动态公路车辆自动衡器》、《整车式车辆连续称量自动衡器》地方计量检定规程, 《自动分检衡器》地方计量校准规范。获国家发明专利3项, 实用新型6项, 计算机软件著作权2项。