

一种便携式自动化电子秤检测装置的研究与应用

□辽宁省计量科学研究院 李东岳 李寒雷

【摘要】基于研制的便携式自动化电子秤检定装置，依据JJG 539-2006《数字指示秤》检定规程，对不同型号的电子秤进行重复性、偏载测试，与人工检定方式相比较表明，该自动化装置效果更优。通过比对自动化检测方法与人检测方法的测量结果， E_n 值评定结果小于1，表明两种检测方法结果的一致性。

【关键词】自动化检测；人工检测；电子秤；不确定度

文献标识码：A

文章编号：1003-1870（2025）02-0026-05

Research and Application of a Portable Automatic Electronic Scale Detection Device

Abstract: Based on the developed portable automatic electronic scale verification device, the repeatability and eccentric load tests are performed on different types of electronic scales according to JJG 539-2006 *Verification Regulation for Digital Indicating Weighing Instruments*. Compared with the manual verification method, the automatic device shows better performance; and the comparison of measurement results between automatic detection method and manual detection method shows that the E_n value is less than 1, indicating the consistency of the results of the two detection methods.

Keywords: automatic detection; manual detection; electronic scale; uncertainty

引言

目前，电子秤的检测方式依旧是以人工操作为主^[1]，该方式存在以下问题：①工作强度大^[2-3]。以人工检测型号ACS-30的电子秤为例，依据《数字指示秤》检定规程进行一次完整的检测过程需要进行30多次加载/卸载砝码，总搬运质量可达300多kg。若是检定最大量程150kg的电子秤，搬运砝码总质量可达上千千克。②重复性偏差大。人工检测时检测结果往往会受到实验人员操作经验、水平的影响，不能确保每次重复性检测放置位置都符合规范且保持一致。③标准器具易损坏^[4-5]。一方面在砝码搬运过程中会造成砝码间的磕碰，进而导致质量值的改变；另一方面在秤盘上放置千克砝码时，人工操作可能会造成较大的冲击，引起电子秤数据偏移。

为了解决人工检测过程中存在的问题，本文利用已经研制的便携式自动化电子秤检测装置代替人工检测，着重研究自动化装置测量方法与测量结果，并基于不同类型电子秤的校准实验数据进行方法比对，验证自动化检测方法与人检测方法之间结果的一致性。

1 自动化检测装置

本装置的工作原理为：先经控制器4控制驱动组件2相互远离地移动两个导向架5，使得导向架5之间的距离大于待检测的衡器宽度，再将待检测的衡器放置在两个导向架5之间。再经控制器4控制驱动组件2相互靠近地移动两个导向架5，直至经滚轮10平移行走的两侧插板11伸入衡器的底部，且经三角筋抵紧衡器底部时停止。控制电缸3向下伸出推杆，经

柱杆9（柱杆上有砝码串）、传动杆14和连接座7传动后，沿着导向架5向下移动支撑板13，直至四个称重传感器8与衡器的秤盘抵紧，称重传感器8在多点采集的加载重量，能够经平均核算后显示在控制器4

的显示屏上，直至加载到设定值时停止。图1为检测装置的结构示意立体图，图2为机箱内部的结构示意剖视图。

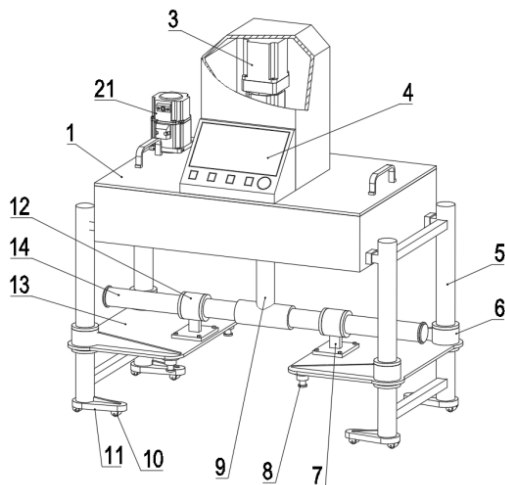


图1 检测装置结构示意图

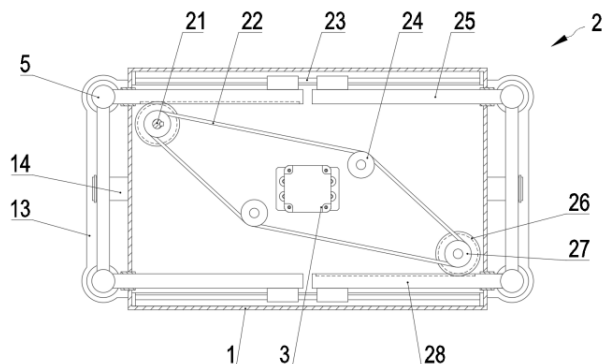


图2 机箱内部结构示意图

图中：1 机箱 2 驱动组件 21 伺服电机 22 同步带 23 直线滑轨 24 导轮 25 导向条 26 齿轮 27 同步轮 28 齿条 3 电缸 4 控制器 5 导向架 6 第一直线轴承 7 连接座 8 称重传感器 9 柱杆 10 滚轮 11 插板 12 第二直线轴承 13 支撑板 14 传动杆

2 实验方法与测量结果

2.1 实验方法

表1 给出了被测电子秤的基本信息，分别采用自动化检测方法和人工检测方法进行检测。

表1 被测仪器

最大称量Max	分度值e
500g	0.1g
30kg	10g
150kg	50g

试验过程中保持温湿度稳定，实验室内无其他人员走动，且每组试验测量人员、标准器均一致。其中重复性试验测量次数为10次，偏载测量按照前后左右四个偏载位置进行测量，表2~表3 分别给出了三种不同型号规格电子秤重复性试验和偏载试验数据。

表2 重复性试验数据

规格	测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
500g	自动化	500.01g	500.01g	500.01g	500.02g	500.02g	500.01g	500.02g	500.01g	500.01g	500.00g
	人工	500.01g	500.00g	500.01g	500.02g	499.99g	499.99g	500.02g	500.02g	500.03g	499.98g
30kg	自动化	30.002	30.003	30.003	30.003	30.002	30.002	30.002	30.001	30.001	30.001
	人工	30.002	30.003	30.004	30.001	30.006	30.005	30.002	30.005	30.004	30.006
150kg	自动化	150.035	150.035	150.030	150.030	150.035	150.035	150.035	150.040	150.035	150.035
	人工	150.045	150.035	150.035	150.040	150.050	150.035	150.050	150.030	150.050	150.045

表3 偏载试验数据

规格	测量次数	位置1	位置2	位置3	位置4
500g	自动化	200.01	200.01	199.99	200.02
	人工	200.01	200.02	199.99	200.02
30kg	自动化	100.01	99.999	10.001	100.001
	人工	10.001	10.004	10.002	10.002
150kg	自动化	50.020	50.020	50.010	50.015
	人工	50.015	50.025	50.005	50.035

2.2 示值误差的不确定度评定

2.2.1 不确定度来源

(1) 电子秤示值引入的不确定度分量 $u(I)$ ，包括测量重复性引入的不确定度分量 $u(I_1)$ 、分辨力引入的不确定度分量 $u(I_2)$ 、偏载误差引入的不确定度分量 $u(I_3)$ 。

(2) 标准砝码引入的不确定度分量 $u(m)$ 。

2.2.2 不确定度评定

以ACS-30 规格型号电子秤的自动化和人工检测数据为例进行不确定度评定分析。

(1) 电子秤示值引入的不确定度分量 $u(I)$

①测量重复性引入的不确定度分量 $u(I_1)$

根据表1 中的测量数据，依据贝塞尔公式，单次试验标准差为

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

自动化和人工检测时测量重复性引入的标准不确定度分量分别是 $u_{zdh}(I_1)$ 和 $u_{rg}(I_1)$ ，测量示值误差时，以单次测量结果表示，所以

$$u_{zdh}(I_1) = s = 0.82 \text{ g}$$

$$u_{rg}(I_1) = s = 1.75 \text{ g}$$

②分辨力引入的不确定度分量 $u(I_2)$

电子秤的分度值 $e=10\text{g}$ ，测量过程中采用“闪变点”方法进行测试，其实际分辨力为 $0.1e$ ，取其半宽度 $a=0.5\text{g}$ ，服从均匀分布^[7]。自动化和人工测量时试验对象为同一电子秤，所以两种方法分辨力引入的不确定度分量相等，为

$$u(I_2) = \frac{a}{\sqrt{3}} = 0.289 \text{ g}$$

③偏载误差引入的不确定度分量 $u(I_3)$

进行偏载试验时，用接近最大称量1/3 的单个砝码，放置1/4 的秤台面积中^[8]，根据表3 可知，两种方法偏载测量值的最大与最小之差分别为2g 和3g，取其半宽度 $a_{zdh}=1\text{g}$ ， $a_{rg}=1.5\text{g}$ 。自动化和人工测量时偏载引入的标准不确定度分量分别是 $u_{zdh}(I_3)$ 和 $u_{rg}(I_3)$ 。电子秤进行测量时砝码放置的位置较为集中在秤台中心，偏载形成的误差要小于偏载试验时的，这里偏载误差取其偏载试验的1/3，并服从均匀分布，则：

$$u_{zdh}(I_3) = \frac{a}{3\sqrt{3}} = 0.192 \text{ g}$$

$$u_{rg}(I_3) = \frac{a}{3\sqrt{3}} = 0.289 \text{ g}$$

重复性和分辨力的影响取其较大者，且各个分项之间相互独立，所以自动化和人工测量时示值引入的不确定度分量分别为

$$u_{zdh}(I) = \sqrt{(\max[u_{zdh}(I_1), u(I_2)])^2 + u_{zdh}(I_3)^2} = 0.869 \text{ g}$$

$$u_{rg}(I) = \sqrt{(\max[u_{rg}(I_1), u(I_2)])^2 + u_{rg}(I_3)^2} = 1.774 \text{ g}$$

(2) 标准砝码引入的不确定度分量 $u(m)$

根据砝码检定规程，砝码约定质量的扩展不确定度 $U(k=2)$ 应不大于相应准确度等级的最大允许误差绝对值的1/3^[9]，即 $U \leq \frac{1}{3} |\text{MPE}|$ 。F2 等级30kg 砝码质量允差为480mg，取其扩展不确定度 $U=160\text{mg}(k=2)$ 。因为自动化检测和人工检测时选择同一标准砝码，所以两种方法标准砝码引入的不确定度分量相等，即 $u(m)=0.080\text{g}$ 。

(3) 合成不确定度

示值引入的标准不确定度 $u(I)$ 和标准砝码引入的标准不确定度 $u(m)$ 彼此独立不相关，合成不确定度按照下式进行计算^[10]，经计算可知，自动化法和人工检测时合成不确定度分别是0.873g 和1.776g。

$$u_c = \sqrt{u(I)^2 + u(m)^2}$$

(4) 扩展不确定度

当置信概率 $p=95\%$ 时，取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度按如下公式计算，可知自动化法和人工检测时合成不确定度分别是1.746g 和3.552g。

$$U = 2 \times u_c$$

3 两种方法比对分析

图3 给出了三种不同规格电子秤分别采用自动化法和人工法检测时测量重复性引入的不确定度对比

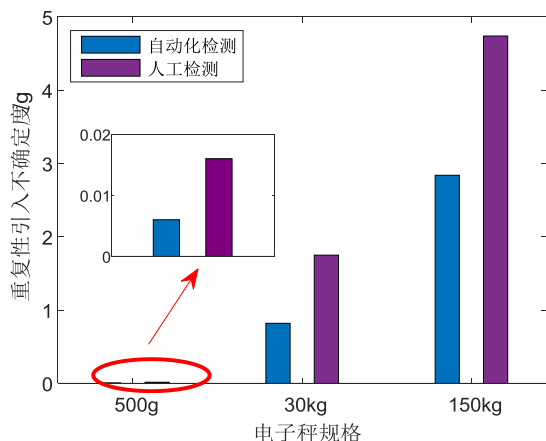


图3 重复性测量引入不确定度对比图

情况。通过对比分析可知，自动化法检测时不确定度均小于人工检测，所以自动化法检测时数据的离散性更小，电子秤读数更稳定。

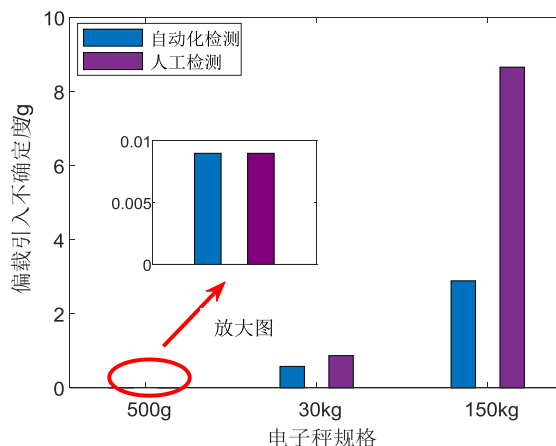


图4 偏载测量引入不确定度对比图

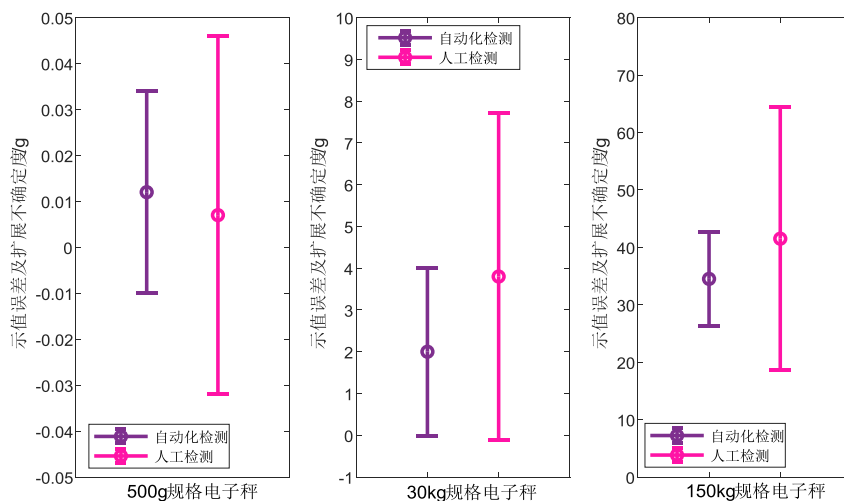


图5 示值误差及扩展不确定度对比图

图4 给出了三种不同规格电子秤分别采用自动化法和人工法检测时偏载测量引入的不确定度对比情况。通过对比分析可知，除500g 规格电子秤外自动化法检测时的不确定度均小于人工检测法。所以自动化检测可以更好地控制放置位置等外界变量的影响，更符合相关技术规程规范的要求。

图5 给出了三种不同规格电子秤分别500g, 30kg, 150kg 称量点示值误差及其扩展不确定度($k=2$)对比情况。从图中可以看出，采用自动化法时示值误差的不确定度均小于人工检测方法。究其主要原

因是：①采用自动化检测装置，在砝码接触秤盘时的瞬间冲击力较人工检测法稳且小。②采用自动化检测装置进行偏载试验时，偏载位置依据检定规程编写控制算法计算得到的较人工法通过目测相比自动化法可信度高。

为进一步验证方法的可行性和有效性，将数据代入公式，经计算比对结果 E_n 值均符合要求^[11-12]。

$$E_n = \frac{|y_1 - y_2|}{\sqrt{U_1 + U_2}}$$

式中： y_1 , U_1 ——自动化方法测量结果及其不确

定度；

y_2 , U_2 ——人工方法测量结果及其不确定度。

4 结语

本文从电子秤日常检定校准中存在的问题出发,研制了电子秤自动化检测装置。采用本装置可以减少劳动负荷且提高检测结果的可靠性。通过对三种不同型号规格的电子秤进行试验比对,进一步说明了装置检测结果的有效性。研发衡器智能化检测装置,既是从实际检测工作需要出发,也是落实《计量发展规划(2021-2035年)》中加强计量数字化转型这一要求的必然举措。在近半年的使用中,该套自动化检测装置运行性能良好、稳定性高。

参考文献

- [1] 李美凤. 一种基于人工智能的电子秤检测装置涉及与研究[J]. 市场监管与质量技术研究.2023(04).
- [2] 盛俞汇, 韩亚莉等. 基于图像识别技术的电子秤自动检定装置的设计[J]. 仪器仪表标准化与计量,2024(02).
- [3] 张莉莉, 徐锴等. 一种非自动衡器自动检测装置的研制[J]. 衡器.2024,53(06).
- [4] 柯淑婷, 陈露等. 质量比较仪自动校准装置的研究[J]. 中国计量.2020(01).
- [5] 盛俞汇, 韩亚莉等. 基于图像识别技术的电子秤自动检定装置的设计[J]. 仪器仪表标准化与计

量,2024(02).

- [6] 蔡常青, 王健, 陈杭杭等. 非自动衡器测量不确定度评估及其在符合性判定中的应用[J]. 计量学报,2021,42(01):59-65.
- [7] 刘庆华, 张洪宝. 500g 电子秤示值误差测量结果的不确定度评定[J]. 衡器.2017,46(05).
- [8] 鲁志. 高准确度电子秤示值误差测量值的不确定度的评定[J]. 计量与测试技术,2015,42(11).
- [9] 韦晓红. 非自动衡器测量误差不确定度分析[J]. 现代制造技术与装备.2024,60(10).
- [10] JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示[S]. 北京: 中国质检出版社,2012.
- [11] 任志斌, 戚健民. 非自动衡器检定装置的计量比对分析[J]. 衡器.2023,52(07).
- [12] JJF 1117-2010 计量比对[S]. 北京: 中国质检出版社,2010.

作者简介

李东岳(1983—), 男, 硕士研究生, 高级工程师。2009年入职辽宁省计量科学研究院, 从事质量衡器计量工作至今。

李寒雷(1990—), 男, 辽宁兴城人, 硕士研究生, 助理工程师, 现就职于辽宁省计量科学研究院。主要研究方向为质量计量、衡器计量。