

面向多场景的千克砝码检定自动化辅助装置研制

□ 闫菁¹ 陈海滨¹ 吴郅俊¹ 冉龙跃¹ 徐晓峰²

1. 云南省计量测试技术研究院 2. 江苏省计量科学研究院(江苏省能源计量数据中心)

【摘要】本文针对当前千克砝码检定过程存在的人工操作强度大、自动化设备成本高昂且场景适应性有限的问题，提出了一种多场景千克砝码检定自动化辅助系统解决方案。该方案设计开发了一套集成化千克砝码检定自动化辅助装置，实现了检定过程的自动化和数字化转型升级，同时集成了砝码搬运助力功能。方案配套研发了砝码检定软件系统，具备千克砝码质量检定和非自动衡器辅助检定双重功能。此外，本方案构建了多场景适应性的砝码搬运辅助装置，有效解决了外检工作中千克砝码搬运的技术难题。本方案具有设备配置经济性高、应用覆盖面广、实用性强等特点，为提升计量检定工作效率和质量提供了可靠的技术支撑。

【关键词】砝码；智慧实验室；辅助搬运

文献标识码：A 文章编号：1003-1870 (2026) 03-0045-05

Development of an Automated Auxiliary Device for Multi-scenario Kilogram Weight Verification

【Abstract】To address the high labor intensity of manual operations, prohibitive costs of automation equipment, and limited scenario adaptability in current kilogram weight verification processes, this paper proposes an automated auxiliary device for multi-scenario kilogram weight verification. This solution involves the design and development of an integrated automated auxiliary device for kilogram weight verification, which achieves automation, digital transformation and upgrading of the verification process, while also incorporating a weight handling assistance function. A supporting weight verification software system has been developed, which features dual functions: kilogram weight verification and auxiliary verification of non-automatic weighing instruments. Furthermore, this solution establishes a weight handling assistance device with multi-scenario adaptability, effectively resolving the technical challenges of kilogram weight handling in on-site verifications. Characterized by high economy in equipment configuration, broad application coverage, and strong practicality, this solution provides reliable technical support for enhancing the efficiency and quality of metrological verification.

【Keywords】weight; smart laboratory; auxiliary handling

引言

砝码作为质量测量基准，可检定所测物体质量，其量值需要精确传递^[1]。千克砝码的计量检定与校准工作，长期以来依赖传统人工操作方式，不仅工作强度大，且对操作人员的身体负担较重，效率低下^[2]。虽然机械辅助设备可在一定程度上缓解搬运压力，但其工作范围受限，且不利于外检任务中使

用^[3]。此外，目前市场上高端的千克砝码自动检定设备多为进口产品，采购和维护成本高昂，使得大多数计量机构难以承担。因此，千克砝码检定工作面临的人力投入大、设备成本高并且使用范围受限的问题，已成为计量技术机构共同的痛点与难点。

云南省计量测试技术研究院作为云南省最高法定计量技术机构，其多年的砝码与非自动衡的溯源

工作，依旧是采用传统的人工加载砝码、手动记录数据的方法，效率低下，过程繁琐，检定员负担重。近些年，随着企业对计量工作的重视，以及市场监管工作对于计量监管要求，砝码与非自动衡器的检定量日益增加，而传统人工检定方式，已经严重制约了服务效率，也不能满足云南省日益增长的千克砝码计量检定需求。而我院所面临的困难，也是国内同行所面对的共性难题^[4]。

作为云南省最高法定计量技术机构，云南省计量测试技术研究院在砝码与非自动衡器的溯源工作中，长期以来一直采用传统的人工加载砝码和手动记录数据的方法。近年来，随着企业对计量工作的重视程度不断提高，以及市场监管部门对计量监管要求的日益严格，砝码与非自动衡器的检定量显著增加。然而，传统的人工检定方式已严重制约了服务效率，难以满足云南省日益增长的千克砝码计量检定需求。我院所面临的这些困难，也是国内同行

普遍存在的共性问题，亟需通过技术创新和装备升级加以解决。

基于以上问题，本文提出一种面向多场景的千克砝码检定自动化辅助装置研制方案，旨在解决上述难题，提高千克砝码测量的效率和可靠性。

1 方案设计

本方案旨在针对千克砝码的实验室与现场检定需求，分别研制两套专用装置如图1所示。

针对实验室场景，研制千克砝码检定自动化辅助装置。本装置可实现测量前后的砝码助力搬运，以及测量过程中的全自动化检定功能。同时，配套研发专用软件，用于测量流程的自动化控制与数据记录。

针对外检场景，设计多场景适用的砝码辅助搬运装置，采用与实验室装置相同的伺服电机驱动系统，并配备两种可更换的承重配件，以满足不同现场环境下的检定需求。



图1 方案设计

1.1 千克砝码检定自动化辅助装置

千克砝码自动化辅助装置主要用于实验室检定工作，其核心功能包括砝码的助力搬运、标准与被检砝码的自动比较，以及比较仪秤盘的优化改造。本装置配套XP26003 质量比较仪使用，实现1~25kg砝码的自动化检定。

(1) 助力搬运

设计符合实验室环境的助力机械臂，确保整个装置可满足实验室承重要求，且臂长度、有效提升高度、旋转角度均可以满足实际要求，提升能力及安全性能均需要稳定可靠。工作时，检定员通过机械臂移动标准和被测砝码，使其放置在指定工位上，如图2所示。

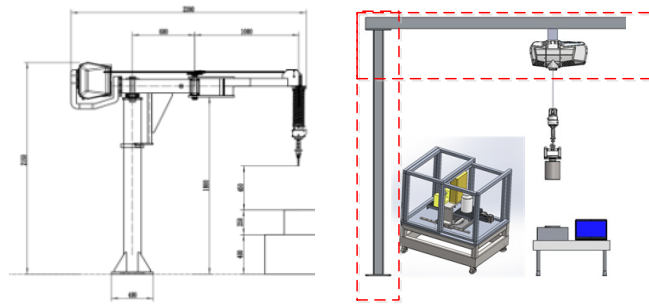
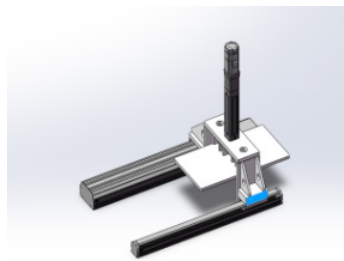


图2 助力搬运装置

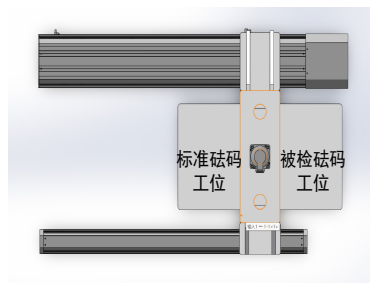
(2) 标准砝码和被检砝码的自动比较

该部件能够实现千克砝码测量过程的全自动化操作。其设计包含标准砝码和被测砝码的专用工位，检定员只需完成砝码的初始放置即可通过软件启动测量流程。以ABA 测量循环^[5]为例，该部件首先将标准砝码水平移动至比较仪位置，随后垂直移

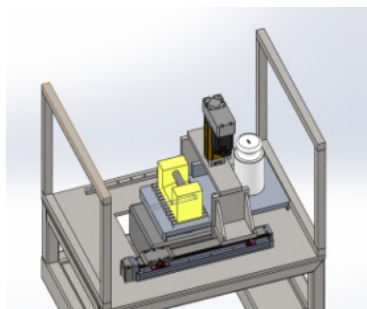
动完成称量；被测砝码则重复相同操作。整个测量过程在装置内部自动完成，无需人工干预。测量结束后，检定员可通过机械臂将砝码移出。若需检测多个同规格被测砝码，检定员只需依次更换砝码并重新启动测量流程，显著提升了检定效率，如图3所示。



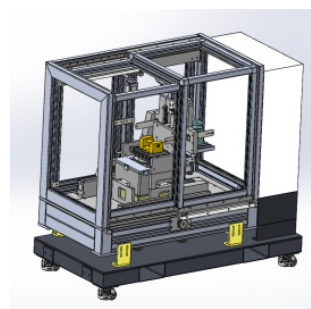
(a) 自动比较机构核心



(b) 工位示意图



(c) 结构示意图



(d) 整体示意图

图3 自动比较机构

(3) 比较仪秤盘及防风罩改造

设计一种质量比较仪的齿装定心盘抱紧装置。原比较仪秤盘为滚珠自动定心设计，显然无法满足装置需求。将其改造为齿心盘，并将其设计为圆弧状，使其在砝码放置时自动定心。

此外，本方案研制了XP26003 质量比较仪专用的

电动防风罩。该防风罩采用上方双开门设计，标准砝码和被测砝码上方的防风罩相互独立，可在测量过程中自动启闭，确保高精度质量比较仪在读取数据时免受环境干扰，保障了砝码加载和卸载过程中的运行安全，如图4所示。

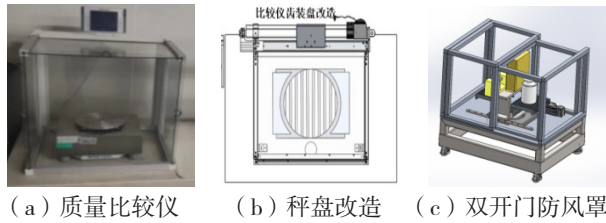


图4 秤盘及防风罩改造

1.2 面向多场景的砝码辅助搬运装置



图5 多场景辅助搬运装置配套设备

2 装置制造与加工

本方案的研制核心在于千克砝码检定自动化辅助装置部分。经过多次测试与调试，最终将主要技术特征如表1所示。

表1 自动检定装置机构指标

参数	部件	技术特征
位移量	x 轴	350mm
	z 轴	60mm
最大速度	x 轴	50mm/s
	z 轴	10mm/s
	风罩	180mm/s

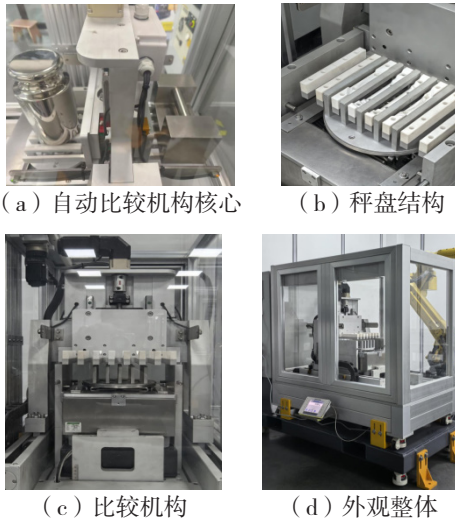


图6 自动比较机构

面向多场景的砝码辅助搬运装置主要用于外检工作。其装置需便携性和实用性，可供检定员在客户现场使用。其助力装置为3.1中的同一个电机，主要需设计符合现场工作需求的承重配件。

实际千克砝码现场检定工况以厂房和仓库为主。故而设计折叠龙门架及支撑伸缩杆作为承重配件。折叠龙门架配套电机，可用于检定厂房、空旷户外场所的千克砝码。支撑杆可用于具备走廊的室内检测环境，如图5所示。

其各个部件加工后如图6所示。本装置实现了标准砝码和被测砝码的自动比较，检定员仅需要使用助力装置将砝码放置在工位上即可。启动程序后，自动比较机构会进行移动，将砝码进行ABA或者ABBA的测量循环，循环次数可由检定员自行设定。

3 装置验证

针对本方案所设计的千克砝码检定自动化辅助装置与面向多场景的砝码辅助搬运装置，分别进行装置验证。

3.1 千克砝码检定自动化辅助装置

千克砝码检定自动化辅助装置验证方法为，检定员使用本装置对20kg的F1等级砝码进行测量。衡量循环采用ABBA，循环次数为10次。用测定序列的单次测量结果的标准偏差作为最终的重复性测量结果。并使用传统人工检定方法重复上述步骤。采用 E_n 值进行判定， E_n 值小于1则满足要求。

其验证结果如表2所示。

表2 装置1验证结果

实验时间	2025年02月14日	
被测对象	F1等级砝码，20kg，GL220	
环境条件	20.2℃、50%RH	
测量次数	装置测得值 (mg)	人工测得值 (mg)
1	0.025	0.028

(续表)

2	0.024	0.035
3	0.025	0.019
4	0.023	0.021
5	0.027	0.026
6	0.029	0.034
7	0.027	0.025
8	0.026	0.031
9	0.026	0.025
10	0.031	0.026
平均值	0.026	0.027
标准偏差	0.002	0.005
用时	50 分钟	70 分钟

由表2可知,其人工检定的 X_a 为0.027mg, U_a 为0.010mg,其装置校准的 X_b 为0.026mg, U_b 为0.004mg, E_n 值为-0.2,装置满足要求。此外,由于检测过程由软件自动记录数据,且测量循环过程由装置自行完成,搬运过程由人工完成,整体测量过程用时更短,测量效率提升明显。

3.2 面向多场景的砝码辅助搬运装置

面向多场景的砝码辅助搬运装置的验证方法如表3所示,由同一检定员分别采用手动搬运方式和本助力提升装置,对同一批100个20kg的M1等级砝码进行测量。两次测量均使用SR32001比较仪,采用ABBBBA衡量循环,循环次数为1次。对于检定不合格的砝码,需进行二次复检。最终,通过对比装置与人工测量的合格总量及总耗时,验证装置的性能与效率。

表3 装置2验证结果

标称质量 (kg)	测量方式	初检合格数量 (个)	复检合格数量 (个)	合格总数 (个)	备注
20	装置	90	0	90	用时2小时
	人工	88	2	90	用时3小时

根据这100个砝码的上级计量机构的溯源证书,合格数量为90个。对照装置和人工两种工作方式,测量结论与被测砝码的溯源证书均吻合。

结果显示,人工检测复检修正了两个砝码的检定结论。分析原因,使用装置辅助搬运砝码,电机控制使砝码接触比较仪的过程更平稳流畅,比较仪的性能更稳定。而人工操作时由于体力消耗大,提

放砝码的力度难以保持均匀,对于临界超差的砝码的测量结论可能带来影响。且使用装置的测量用时更短,效率提升明显。

4 结语

本方案针对千克砝码检定工作,研制一款面向多场景的千克砝码检定自动化辅助装置。通过技术改造方案,实现了计量检定流程的智能化升级。该装置采用模块化设计理念,有效提升了检定工作效率,同时显著降低了设备采购成本。实践应用表明,本装置在保证量值传递准确性的前提下,成功将传统人工操作环节减少50%,其技术路径和实施方案为计量技术领域的自动化改造提供了可复用的技术范式,具有显著的行业推广应用价值,可为同类计量检测装备的智能化升级提供理论和实践参考。

科研项目:云南省市场监督管理局科技计划项目(2024YSJK05),面向多场景的千克砝码检定自动化辅助装置研制。

参考文献

- [1] 王益飞,杨圆圆.公斤组砝码自动检定系统[J].计量技术,2017.DOI:CNKI:SUN:JLJS.0.2017-07-020.
- [2] 李家沛,蒋曦初,朱浩等.千克砝码自动检定系统[J].衡器,2018,47(11):3.DOI:CNKI:SUN:HEQI.0.2018-11-011.
- [3] 韩轩.砝码自动检定系统的设计与应用[D].江苏大学,2015.DOI:10.7666/d.Y2800199.
- [4] 黄现云,董晨光,朱浩等.千克砝码自动检测系统的研制[J].衡器,2019,48(1):3.DOI:CNKI:SUN:HEQI.0.2019-01-008.
- [5] 钟瑞麟,陈杭杭,王健等.JJG 99—2022《砝码检定规程》解读[J].中国计量,2024,(02):78-82.DOI:10.16569/j.cnki.cn11-3720/t.2024.02.013.

作者简介

闫菁(1993—),女,汉族,硕士研究生,工程师,云南省计量测试技术研究院。研究方向:质量计量、力学计量。