

一种非自动衡器自动检测装置的研制

□张莉莉¹ 徐锴¹ 朱俊¹

(上海市计量测试技术研究院, 上海市 200233)

【摘要】针对非自动衡器型式评价试验具有测试周期长、测试项目多的特点, 本文提出了一种非自动衡器自动检测装置的设计与研制。装置主要包括机器人系统、砝码工位库和砝码、激光测距仪、视觉装置、去皮和置零装置以及控制部分组成。通过对装置的软硬件设计进行研究, 实现非自动衡器在型式评价试验智能化。后期将对该装置进行优化和完善, 使其在非自动衡器型式评价、监督抽查和检测领域得到更广泛的应用。

【关键词】非自动衡器; 型式评价; 机械臂; 砝码; 视觉语言识别系统

文献标识码: A 文章编号: 1003-1870 (2024) 06-0042-06

引言

非自动衡器是通过作用在物体上的重力来确定该物体质量的一种计量仪器^[1]。随着计量科学技术的发展, 非自动衡器在商业、工业和科研领域中发挥着重要作用。用于贸易结算的非自动衡器属于国家强检的计量器具, 需进行型式评价和强制检定。非自动衡器包含电子天平、电子计价秤、价格标签秤和条码打印秤等衡器, 非自动衡器型式评价是对衡器的型式进行的检查和试验, 是进行衡器型式批准时计量检测的技术依据。

目前, 在非自动衡器型式评价试验中, 试验项目包括对衡器温度湿热测试、抗干扰测试以及常温条件下性能测试等。有测试周期长、测试项目多的特点, 用工测试的方式, 劳动强度大^[2]。

1 简介

本文介绍的非自动衡器自动检测装置, 是为非自动衡器的型式评价试验而研制, 用于最大称量为3kg~60kg电子秤的型式评价试验、检测、检定和监督抽查。装置适用于3kg/1g、6kg/2g、15kg/5g、30kg/10g、60kg/20g等多种规格的衡器(检定分度值 e 和实际分度值 d 相等)。技术依据为JJF 1834-2020《非自动衡器通用技术要求》。试验项目有称量性能(常温10个测量点)、偏载、鉴别力、重复性、示值随时间变化(回零和蠕变)、平衡稳定性、倾斜、

皮重、预热时间、电源电压变化、量程稳定度、耐久性、称量性能(高低温)、温度对空载示值的影响、湿热稳态共15项^[3]。装置实物图如图1所示。



图1 非自动衡器自动检测装置

2 装置的设计

该设备主要组成部件: 机器人系统、砝码工位库和砝码、智能控制系统、激光测距仪、视觉识别系统、安全防护等组成。实验人员将被测样品放置大理石平台中心区域, 根据被测样品信息以及外形尺寸, 通过人机界面将该被测样品相关信息输入到智能控制系统, 控制系统自动计算砝码的数量、砝码的加卸载顺序和砝码的加卸载时间等, 实现自动加卸载砝码的功能。测试过程可通过智能控制监控调取测量数据。试验结束后可查询历史数据, 最终生成电子原始记录。

2.1 机器人系统的设计

机器人系统主要结构有，机器人控制系统、机器人臂的电源开关、机械臂的状态指示灯、机器人底座、机器人臂的大小臂和机械手。图2 (a) 为日本发那科机器人，该机器人为多关节型六轴机器人。PC 端控制机器人的动作，控制数据可通过通信协议传入到主控器进行对机械臂的实时控制^{[4][8]}。

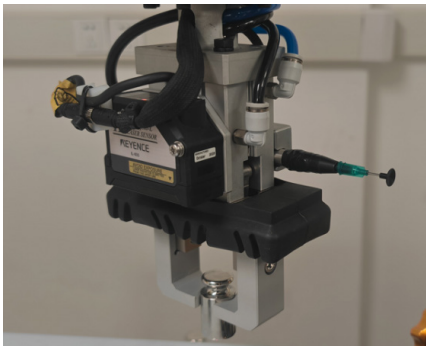
2.1.1 机器人

机器人的机械臂底座安装在地面，负责支撑整个机械臂的质量；机械手包括三个单元，上升轴、旋转轴和伸缩轴，实现支配大小臂的上升、转动和延伸；机械手负责加卸载砝码。该机器人手腕部最大负载为45kg，小臂最大负载为20kg。机械臂上安装了特殊的机械手，抓手结构图见图2 (b)。机械臂为交流伺服电机驱动，输入电源平均功耗1kW。机器人主要模块包括转压模块、电机驱动模块。机械手底座与被测样品试验台隔离开，避免引起震动，不影响被测样品的稳定读数。机械手运行范围不宜过大，以免造成气流不稳，影响被测样品数值稳定。机械臂对立杆式显示器或者PC 秤应有避障功能。



ARC Mate 120iD/35

a. 机械臂



b. 机械抓手

图2 机器人实物图

2.1.2 机械臂抓手

机械臂抓手结构图如图3 所示。机械臂抓手利用传感器把重复精度控制在0.03 mm 内。机械臂小臂和机械抓手通过连接法兰进行连接。真空吸笔直接吸取片状砝码，实现片状砝码的加卸载。距离传感器是一种利用激光来测量物体距离的传感器，主要用来测量被检衡器的位置。夹紧气缸通过控制气流进出实现夹持手指的夹紧力大小和状态的变化，使得活塞受力运动，从而产生夹紧力，完成砝码的加卸载。

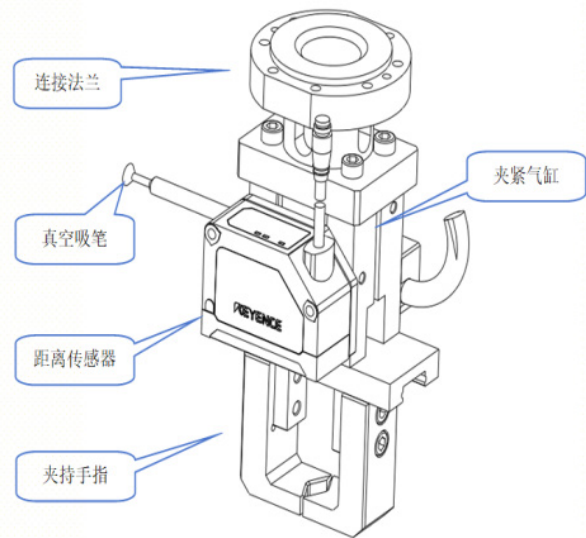


图3 机械臂抓手结构图

2.2 砝码工位库和砝码的设计

标准砝码的误差或不确定度不大于所加载荷下衡器最大允许误差的1/3^[5]，砝码准确度等级不低于JJG 99-2022《砝码》检定规程中规定等级的要求，材质为无磁不锈钢。

2.2.1 砝码工位库设计

砝码工位库布局如图4 所示，砝码工位库在试验台上按照U 型分布，根据实验室的空间位置和试验项目的要求，把片码组、克组和公斤组砝码分布在机械臂较近的区域。空间距离要适应秤盘上砝码堆叠的要求。

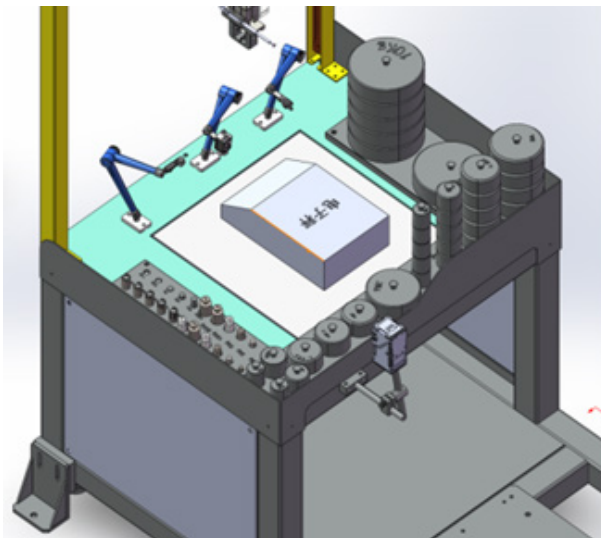


图4 砝码工位库结构图

另外，试验过程中需要满足逐渐递增或逐渐递减载荷砝码。针对特殊试验项目加工了不同规格的砝码，砝码规格根据检定分度值 e （本装置 e 为 $1/2/5/10/20g$ ）确定。砝码配置如下：

（1）超出工作范围的砝码 $10e$ 。配置砝码有 $10g$ 、 $20g$ 、 $50g$ 、 $100g$ 和 $200g$ ；

（2）最小称量为JJF 1834-2020《非自动衡器通用技术要求》规定的测量点，最小称量砝码为 $20e^{[1]}$ 。配置的砝码有 $20g(2只)$ 、 $100g$ 、 $200g$ 、 $200g(2只)$ ；

（3）平衡稳定性，在平衡受连续干扰的条件下，检查是否所有具有稳定平衡要求的功能都不能被执行^[1]。如，打印、存储和置零（ $<4\%Max$ ）。平衡稳定性配套砝码考虑的因素有：砝码的标称值要大于适用于本装置的每个规格的衡器的最小称量，且为 $1/2/5$ 规格的单体砝码，便于加卸载。配置砝码有 $100g$ 、 $200g$ 、 $500g$ 、 $1kg$ 和 $2kg$ 。

（4）去皮（去皮载荷约 $30\% Max$ ）。配置砝码规格有 $500g$ 、 $1kg$ 、 $3kg$ （ $3只1kg$ ）、 $5kg$ 和 $10kg$ 。

（5）鉴别力砝码型号为 $100mg \sim 2g$ 。根据被测样品的型号配置成组，有 $100mg$ （ $14只$ ）、 $200mg$ （ $14只$ ）、 $500mg$ （ $14只$ ）、 $1g$ （ $14只$ ）和 $2g$ （ $14只$ ）。

2.2.2 砝码的设计

装置内 $10g \sim 500g$ 砝码为标准砝码， $1kg \sim 10kg$ 砝码形状进行了特殊设计，便于抓手进行抓取砝

码，其形状如图5所示。

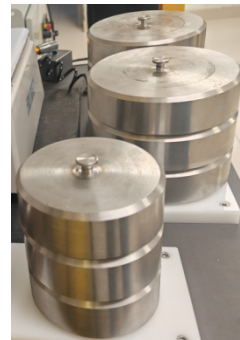
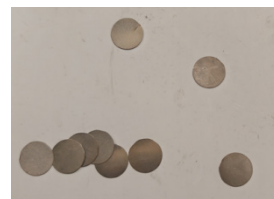


图5 异型砝码的设计

2.2.3 片码的设计

片码规格为 $100mg \sim 2g$ ，形状为圆形，形状和电动真空吸笔的吸盘尺寸相符合。片码堆叠在砝码框内，砝码框底部为片码辅助片。片码辅助片中间中空，防止和片状砝码吸取在一起，干扰片码的夹取。片码的质量大于 $5g$ ，防止被电动真空吸笔误吸。片码和片码辅助片如图6（a）和6（b）所示。片码的工位如图6所示。



(a) 片码



(b) 片码辅助片



图6 片码工位

2.3 电动真空吸笔

电动真空吸笔是一种在机械手臂上应用的夹取工具，通过产生真空来吸附物体表面以实现抓取和搬运。其主要由真空发生器、吸盘、真空传感器等组件构成。电动真空吸笔具有操作简单、适应性强、抓取稳定等特点，在本装置中抓取片码。由于片码的型号为 $100mg \sim 2g$ ，砝码为无磁不锈钢，用镊子夹取经常会丢片，甚至有片码的边缘锋利造成

了安全隐患。通过将电动真空吸笔安装在机械臂抓手上，实现自动夹取片状标准砝码并将其放置在秤盘或砝码工位上。装置具有高精度、快速、稳定夹取的效果，提高了非自动衡器型式评价试验的自动化水平。片码质量越小，夹取的难度越大。电动真空吸笔解决了片码难夹取和丢片的问题，完成了自动夹取片码到秤盘和砝码工位上，通过试验验证了夹取效果好。图7为电动真空吸笔和工作图。



图7 电动真空吸笔和工作图

2.4 激光测距仪

激光测距仪作为一种非接触、高精度的测量工具，在自动化设备中的应用越来越广泛。随着技术的不断进步，激光测距仪不仅可以测量点到点的距离尺寸，还可以间接测量距离和自动计算功能^[6]。激光测距仪用来测量被测样品秤盘的尺寸和台面高度。激光测距仪见图8。



图8 激光测距仪

2.5 视觉识别系统

随着计算机视觉技术的不断发展，视觉识别系统在各种场景中得到了广泛的应用。视觉识别系统利用先进的图像处理算法对目标物体进行准确的识别和跟踪^[9]。视觉识别系统（如图9所示）为砝码夹取和秤盘位置提供精确的目标信息，从而实现高速、高精度的自动操作过程。本装置所采用的视觉

识别系统具有以下特点：

（1）提取数码管和液晶显示的称重数据。系统通过识别显示屏上的数据，实现对称重结果的自动采集。

（2）闪变点法测试时识别示值变化。系统能够识别称重过程中示值的变化，有效地支持闪变点法测试。

（3）砝码工位视觉系统读取并存储数据。砝码工位上安装有一个近距离变焦工业相机，用于拍摄和读取被测样品的示值，识别率在95%以上，同时将照片存储到PC机上，在后期对测量结果有怀疑时，可进行核对。

（4）读数相机应用机器视觉技术^[7]。通过相机拍摄采集图像，结合自动算法进行识别，提高识别效率和准确性。

（5）相机识别秤盘。系统能够识别不同尺寸的秤盘，具有较好的适应性。



图9 视觉识别系统

3 硬件和软件设计方案

3.1 硬件设计方案

称量性能测试加卸载，可通过程序控制系统无需人为干预实现全自动加载砝码，并结合置零装置、去皮装置和视觉装置组合来实现自动读取数据工作，可灵活调节机器人的运行速度如图10所示。硬件包括多种类型传感器、微处理器、驱动系统、通信模块和电源模块。自动测量结果，并负责对采集到的数据进行处理和计算。通过电机和减速器等，实现自动调整功能。通过有线和无线的方式，实现与上位机或非自动衡器之间的信息交换。

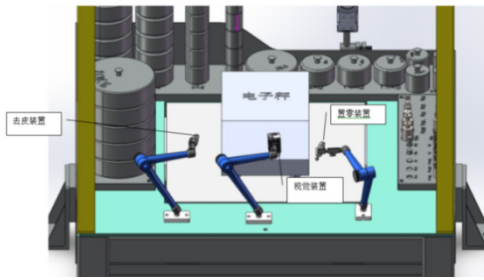


图10 置零、去皮和视觉装置

3.2 软件设计方案

本装置中的软件设计检测过程依据JJF 1834-2020《非自动衡器通用技术要求》中关于试验项目的规定，包括试验项目时间、砝码加卸载顺序、数量以及砝码加卸载时间等要求。为确定衡器误差，采用闪变法（加0.1e小片码）进行测量^[10]。此外，软件支持自动、半自动和手动操作方式，并具有集易用性、实用性和美观性于一体的人机交互界面。该软

件具有以下特点：

参数设置：方便用户设定非自动衡器参数和监测阈值。

实时监控：显示机械臂的运行状态及测量数据。

操作指南：提供使用帮助和故障排查方法。

系统日志：记录装置运行信息，便于分析和维护操作软件。

操作者可根据测试项目选择参数设置、自动采集、计算、存储和管理数据文件等功能，系统拓扑图如图11所示。软件能够自动分析测量结果是否符合JJF 1834-2020《非自动衡器通用技术要求》中关于非自动衡器型式评价试验对应最大允许误差要求，并自动判断数据的符合性^[11]。软件支持多种型号的数据采集和识别分析，在机械臂出现断电、停止或其他故障时，具有报错和提醒功能。

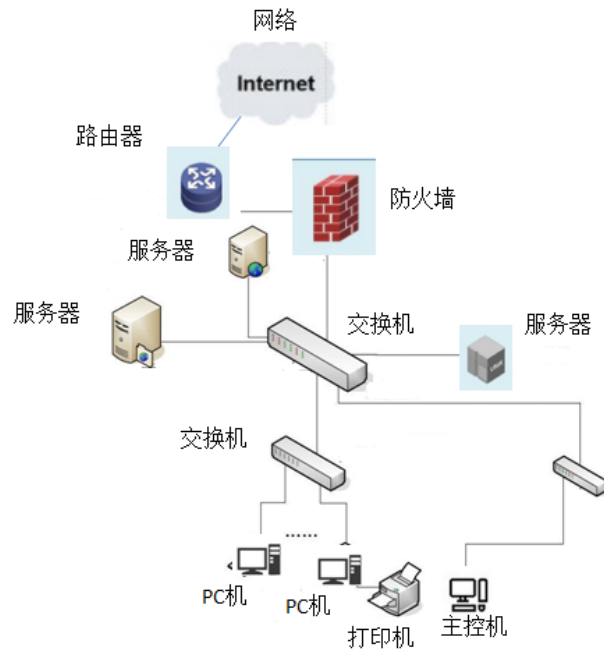


图11 系统拓扑图

软件不仅可以采集数据，还能根据设定的被测样品的信息自动计算、处理、保存和输出符合型式评价试验、检测、检定技术要求。原始记录输出格式满足我院LIMS系统原始记录输入要求，为非自动衡器的检测工作提供了便捷高效的解决方案。

4 安全防护

本装置的机器人需携带10kg砝码在操作台上方进行操作，因此安全防护至关重要。为应对这一难题，我们设计了具备多重安全保护功能的装置，包括但不限于以下几点：

软件保护：通过被检衡器的防过载软件保护功能，避免因超出额定载荷而导致的设备损坏。

机械保护：利用限位装置实现机械保护，确保设备在规定的范围内运行，防止意外事故。

人员保护：配置人员保护装置，预防人员在机器人工作过程中受到伤害。

手动应急保护：设置急停开关，在紧急情况下可立即切断电源，避免进一步损失。

另外，噪声与振动控制方面，当装置处于工作状态时，系统产生的噪声不大于60分贝，确保了工作环境低噪音。同时，被测衡器的任意部件都不产生明显振动，以保障设备稳定性和测量结果准确性。

为保护操作人员安全，我们使用安全围栏和安全光栅（如图12所示）隔离机器人的工作范围并防止人员进入。在进行设备维护时，可将整个安全围栏移动，为维护人员提供足够空间进行作业。通过以上设计，不仅增强了设备的安全性能，还提高了工作效率和测量准确性。

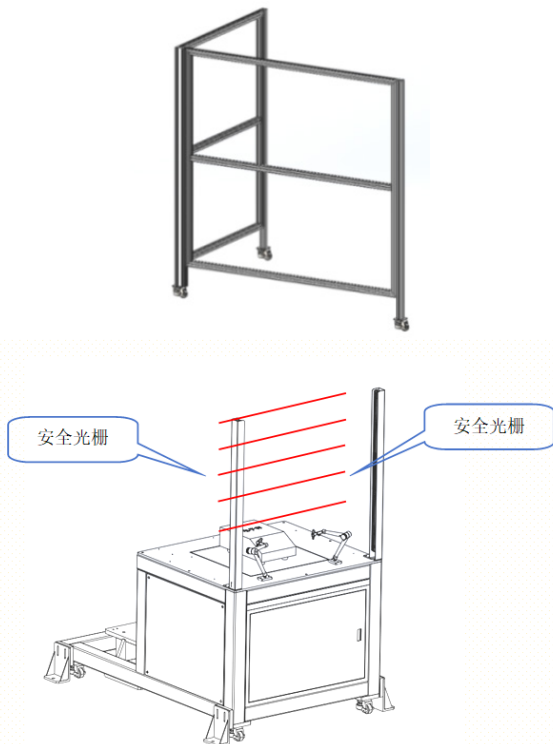


图12 安全围栏和安全光栅

5 结语

本文介绍了一种非自动衡器自动检测装置的设计

与研制，提高了非自动衡器型式评价试验的智能化水平，减轻了工作强度。该装置在提高非自动衡器称量性能测试效率和准确性方面具有重要意义。后期将对该装置进行优化和完善，增加作弊秤的检测，使其在非自动衡器型式评价、监督抽查和检测领域得到更广泛的应用。

参考文献

- [1] JJF 1834-2020, 非自动衡器通用技术要求[S].
- [2] 胡满红,王健,蔡常青等.基于Labview的衡器示值识别系统研究[J].计量技术,2017,(12):35-38.
- [3] 沈立人.学习国际建议的一些思考[J].衡器,2021,50(06):17-28.
- [4] 阳康,张静,蔡文涛等.基于ROS的轻量化机械臂系统设计[J].传感器与微系统,2020,39(12):84-87. DOI:10.13873/J.1000-9787(2020)12-0084-04.
- [5] 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.
- [6] 成乃朋.基于相位法的高精度激光测距仪的研究与设计[D].中北大学,2019.
- [7] 娄仁志,陈元杰,葛锐等.电子天平自动检定装置研究[J].衡器,2022,51(10):5-9.
- [8] 王三敏,党红利,李泽宇.基于机械臂运动学模型的写字机器人手臂写字控制系统设计研究[J].自动化与仪器仪表,2024(04):180-184.
- [9] 盛俞汇,韩亚莉,朱颖等.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):18-20.
- [10] 赵志灏,孔新雄,闵玥等.基于机器人技术的电子天平自动检定系统的研究[J].衡器,2023,52(08):25-29.
- [11] 陈元杰.机器人技术在电子天平检定过程中的应用.衡器,2019,48(01).

作者简介

张莉莉,女(1987-),山东菏泽,汉族,硕士研究生学历,上海市计量测试技术研究院。研究方向为力学计量。