

一种基于人工智能的电子案秤检定系统的研制

□广州计量检测技术研究院 郭琳琳 马健 黄坚

【摘要】文章介绍了一种电子案秤智能检定系统，该系统利用视觉技术进行定位和图像识别，代替人工读取示值结果，采用自动加载装置来替代人工搬运、移动砝码，减轻人工体力劳动，节省工作时间，从而提高工作效率。该系统由计算机软件控制，主要包含了视觉定位系统、标准砝码加载装置、附加砝码加载装置以及示值识别系统等，可实现对电子台秤的全自动检定，并能自动生成原始记录及证书报告。

【关键词】视觉定位；自动控制；电子案秤

文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2023）11-0016-06

引言

电子案秤作为一种广泛应用于贸易结算、企业生产及科研检测的计量器具，随着我国经济和科技的高速发展，其使用率及技术要求越来越高，与此相关的电子案秤检定需求也在与日俱增。目前电子案秤的检定大多以人工检定为主，其检定过程需要人眼读数和判定，标准砝码加载需要人工搬运，存在工作强度大、检定效率低、检定质量易受人为因素影响等问题。虽然目前有一些同行和科研机构提出了电子案秤自动检定的研究成果，但这些研究成果基本上都只实现了标准砝码的自动加载和简单的图像识别，在检定操作上存在着一定的不足，不能完全满足电子案秤智能化检定的需求。针对这些问题，本文根据JJG539-2016《数字指示秤》国家检定规程要求，设计了一种电子案秤智能检定系统。

1 系统的硬件设计

电子案秤的检定工作主要依据JJG539-2016《数字指示秤》国家计量检定规程，其中规程的检定项目有置零准确度及去皮准确度、偏载、称量、去皮后的称量、重复性和鉴别阈。这些检定项目从实现智能化检定的技术角度上分析，主要涉及以下关键技术：

(1) 秤盘位置智能定位，确定各个检定项目中标准砝码的加载位置。

(2) 标准砝码自动加载，自动加载各个检定项目要求的标准砝码。

(3) 附加砝码自动加载，自动逐一加放0.1e的附加砝码。

(4) 称量示值智能采集，识别多种液晶显示屏和数码显示屏的数字示值。

因此，本文设计的电子案秤检定系统可分为4个部分，分别是视觉定位系统、标准砝码加载装置、附加砝码加载装置以及示值识别系统。整个系统的设计结构如图1所示。

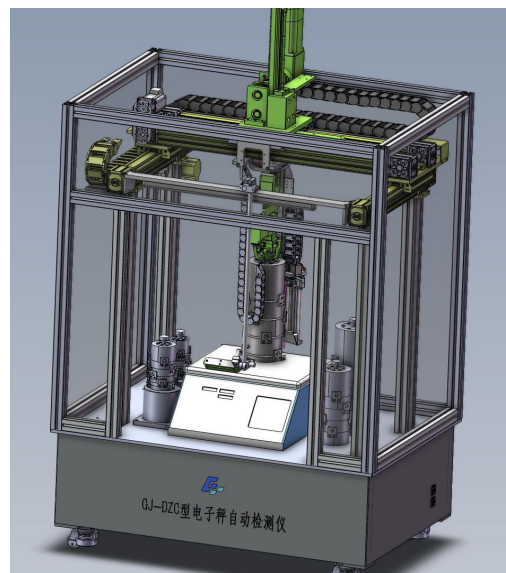


图1 检定装置结构图

1.1 视觉定位系统

视觉定位系统主要由深度相机和光源组成，其安装在装置的顶部位置如图2所示。视觉定位系统主要作用是获取秤盘的四角顶点坐标，从而计算出秤盘的中心点坐标和4个偏载中心点坐标，其工作方式如下：首先使用深度相机采集电子案秤顶部图像和顶部深度数据。其次将电子案秤顶部图像输入到秤盘检测识别模型，秤盘检测识别模型是一种以秤盘、背景为类别，fasterR-CNN结构的深度学习目标检测模型。通过计算分析获得秤盘在图像上的矩形边界框左上角顶点及右下角顶点坐标 (u_0, v_0, u_1, v_1) 。最后将秤盘目标检测结果与顶部深度数据进行校验输出秤盘四个顶角空间坐标，其与顶部深度数据校验方式为，将秤盘在图像上的矩形边界框映射到深度数据的空间坐标，分别把边界框的左上顶点坐标 (u_0, v_0) 转换为空间坐标 (x_0, y_0, z_0) 、右下顶点 (u_1, v_1) 转换为空间坐标 (x_1, y_1, z_1) 。所以秤盘是在空间坐标中的 $(x_0, y_0) \rightarrow (x_1, y_0) \rightarrow (x_1, y_1) \rightarrow (x_0, y_1) \rightarrow (x_0, y_0)$ 范围里，然后通过跟进范围内各点深度，获得准确秤盘位置，输出秤盘四个顶角空间坐标 (X_0, Y_0, Z_0) 、 (X_1, Y_1, Z_1) 、 (X_2, Y_2, Z_2) 、 (X_3, Y_3, Z_3) 。

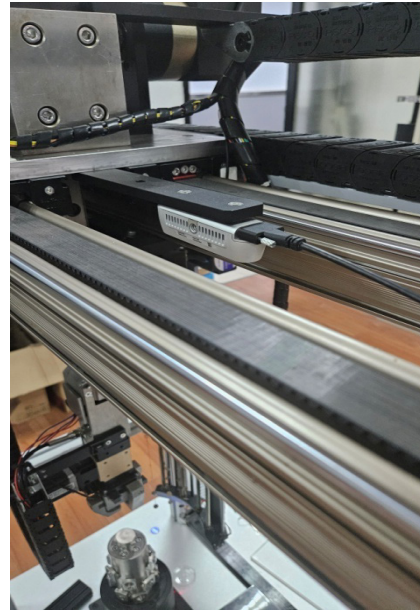


图2 深度相机位置图

如图3a和图3b所示，先将电子案秤顶部图像(图3a)输入秤盘深度学习检测模型，获得秤盘目标检测结果，该目标检测结果边界框略大于秤盘。然后与顶部深度数据相校验，获得准确秤盘位置，输出秤盘四个顶点空间坐标(图3b)，同时适用于秤盘放置偏的情况。

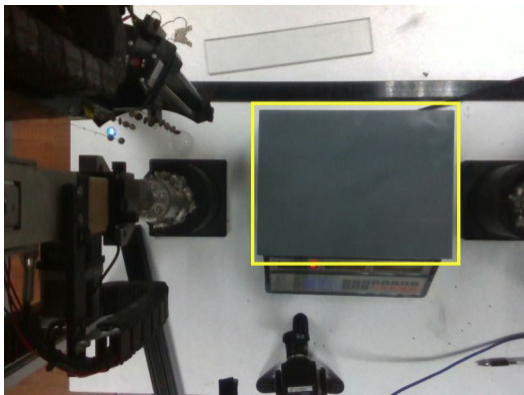


图3a 秤盘顶部图像

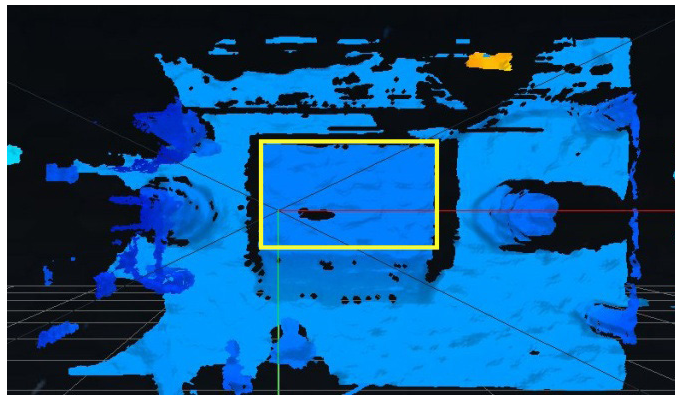


图3b 四个顶点空间坐标

1.2 标准砝码加载装置

标准砝码加载装置主要由标准砝码组、移动机构和升降机构组成，如图4所示。标准砝码组采用内外圈叠加串联结构，解决了传统砝码高度高、不易串接等缺点，同时标准砝码组可以通过叠加组合方式满足规程连续递增加载和连续递减卸载各个称量点载荷的要求，各砝码组合规格见表1。移动机构据

视觉定位系统所输出的坐标通过运动控制器驱动X-Y轴平台，使得组合检定砝码在检定平台上横向、纵向移动，以满足X轴及Y轴上的偏载测试。升降机构负责标准砝码的加载和卸载，其工作原来是通过传感器反馈得到第一层标准砝码加载高度后，后续每层砝码根据其质量与高度的比例关系进行逐层加载。

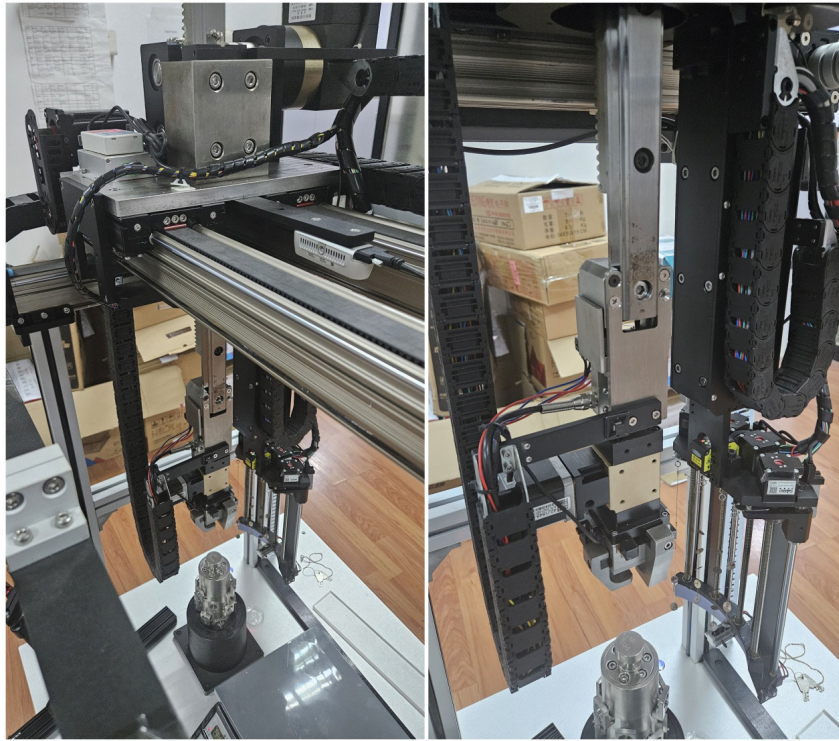


图4 标准砝码加载装置实物图

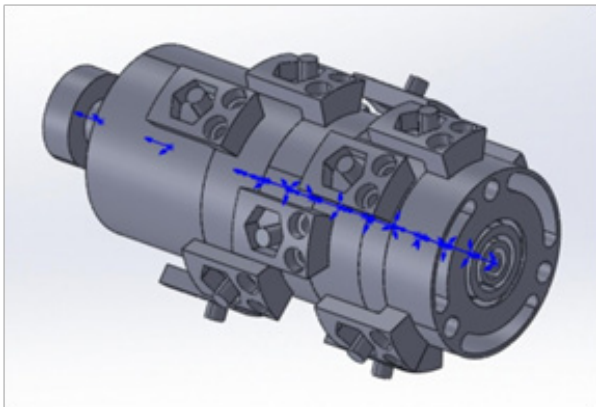


图5 附加砝码加载装置实物图

表 标准砝码组规格表

层数	3kg	6kg	15kg	30kg
1	5g	10g	50g	50g
2	5g	10g	50g	50g
3	10g	20g	2400g	100g
4	230g	460g	2500g	2300g
5	250g	500g	2500g	2500g
6	500g	1000g	2500g	5000g
7	500g	1000g	5000g	5000g
8	500g	1000g	/	5000g
9	1000g	2000g	/	10000g

1.3 附加砝码加载装置

附加砝码加载装置主要由附加砝码组、多轴升降机构和旋转机构组成，如图5、图6所示。多轴升降机构的设计主要解决了附加砝码在加放时由于叠加所导致的重量不准问题，该机构采用了多轴升降将15个0.1e的附加砝码分为3组，能在加放时减少砝码之间叠加从而保障附加砝码加放的重量准确。此外，由于偏载测试时标准砝码需要放置在不同区域，且秤盘面积较小，如附加砝码加载位置不变，容易出现附加砝码不能加载至秤盘的情况，因此附加砝码的加载位置需要根据标准砝码的加载位置进行调整，而装置的旋转机构的设计就能很好地满足此需求。

1.4 示值识别系统

示值识别系统主要由工业相机和光源组成，其作用是通过图像识别技术，采集各种电子案秤显示屏的示值，其中显示屏种类主要为液晶显示屏和数码显示屏。示值识别系统的工作方式是首先使用工业相机采集电子案秤正面图像，由人工在正面图像上选取需读数的显示装置范围，其次将电子台案秤

正面图像输入示值检测识别模型，示值检测识别模型是以0、1、2、3、4、5、6、7、8、9背景为类别，fasterR-CNN结构的深度学习目标检测模型。在获得显示装置的示值字符及位置进行相似字符非极大抑值和置信度低字符小数点的纠正，再根据示值字符的水平坐标(u)从小到大排列，获得电子台案秤示值。其中相似字符非极大抑值是对0-0、1-1.等

10对相似字符进行非极大抑值，防止重复检出。置信度低字符小数点是对置信度低的字符检测结果进行删除小数点操作，即检测结果若置信度较低使0.→0、1.→1。对示值字符的水平坐标(u)从小到大排列，获得电子台案秤示值，示值识别系统运行结果如图7所示。

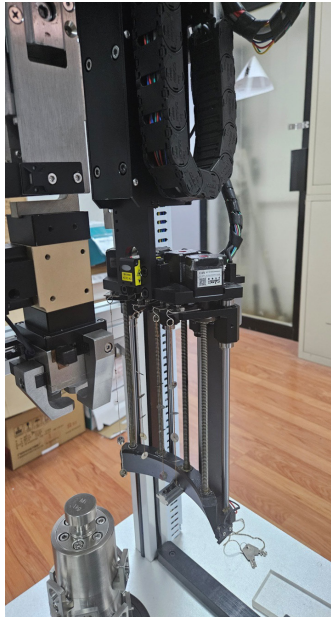


图6 附加砝码加载装置实物图



图7 示值识别结果

2 系统的软件设计

针对目前电子案秤检定信息人工记录、计算、抄录检定数据的问题，在电子案秤智能化检定过程中，设计通过检定管理系统实时记录检定数据。从底层至顶层依次为基础设施层、数据层、管理层、应用层共四层，基础设施层是检定管理系统的系统硬件支撑控制，负责提供系统的基本运行环境。数据层负责记录检定过程中需要溯源的数据，包含电子案秤信息、设备信息、用户信息、检定数据、合格信息等。管理层负责对数据进行处理运算，包含建立数据库和结构化存储数据。应用层即为最终的表现层，检定数据管理、检定人员、设备、电子案秤信息管理、检定报告出具及未来检定数据挖掘和大数据分析均通过应用层界面进行交互。

检定管理系统基于 Windows+VB.net 编写实现，软件自动检定运行逻辑如图8所示。检定伊始首先输入电子案秤的基本参数进行系统参数设定，然后系统启动视觉定位功能，在得到秤盘四角位置坐标后进行标准砝码加载装置的初始化。在完成初始化后，系统根据检定规程要求分别完成置零准确度及除皮准确度、偏载、称量、除皮后的称量、重复性和鉴别阈的检定工作。在每个检定项目的检定中，首先加载相应称量点的标准砝码，然后读取示值并逐一加放附加砝码，当示值产生变化后，记录相关的示值及砝码数据，循环以上步骤直至该检定项目完成。在全部检定项目完成后，系统对检定数据进行计算处理，最后保存此次检定记录。

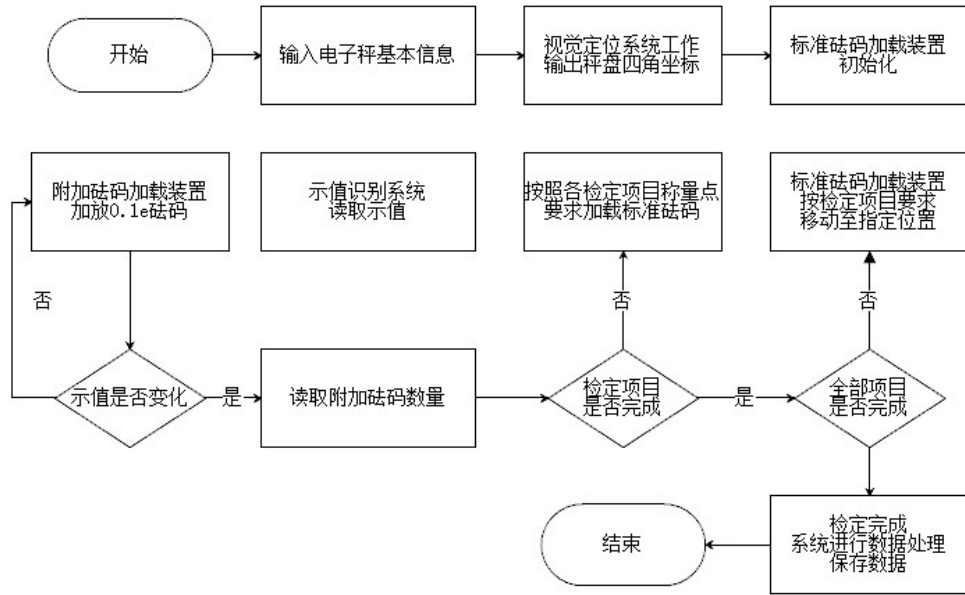


图8 检定管理系统流程图

此外软件按功能可分为信息管理、数据采集、打印记录及通信设定 4 个模块。

其中信息管理界面分为两部分，图9 为标准器信

息录入界面，录入信息包含标准器的设备名称、型号规格、技术特征、证书号、有效日期等。

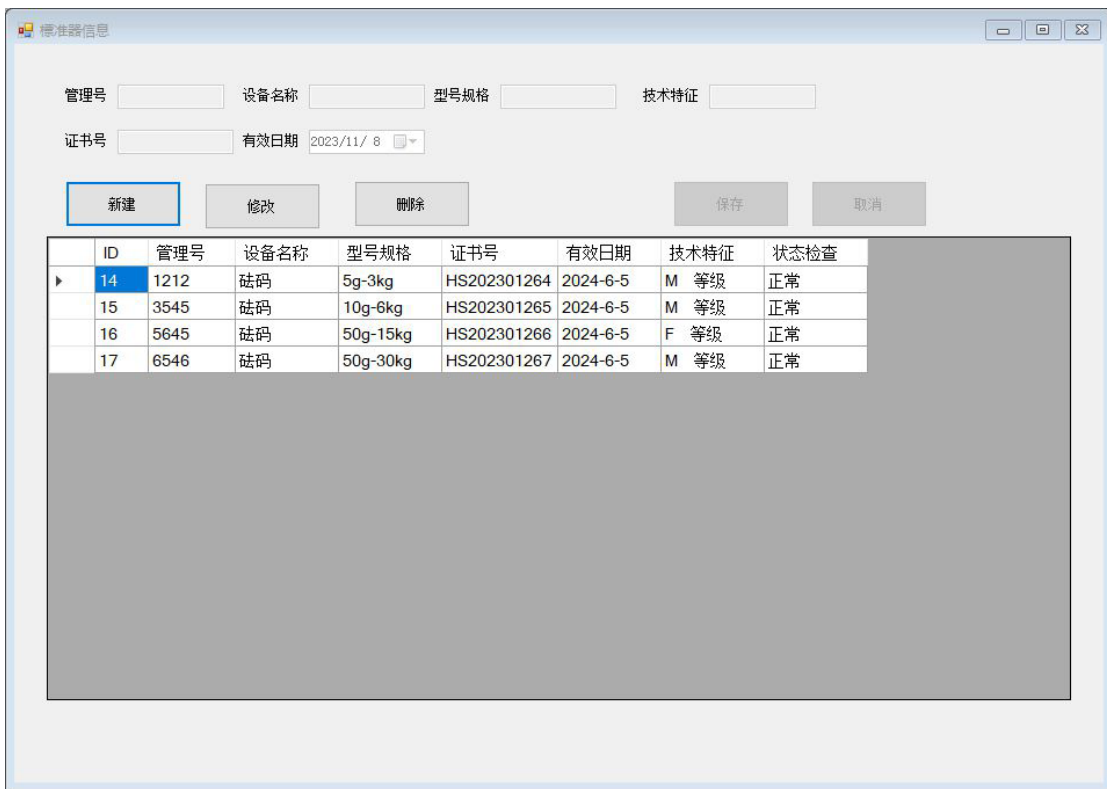


图9 标准器信息录入界面

图10为电子案秤基本信息录入界面，录入信息包含委托单号、委托单位、器具名称、制造厂、型

号规格、编号、检测地点、环境条件以及计量性能参数等信息。

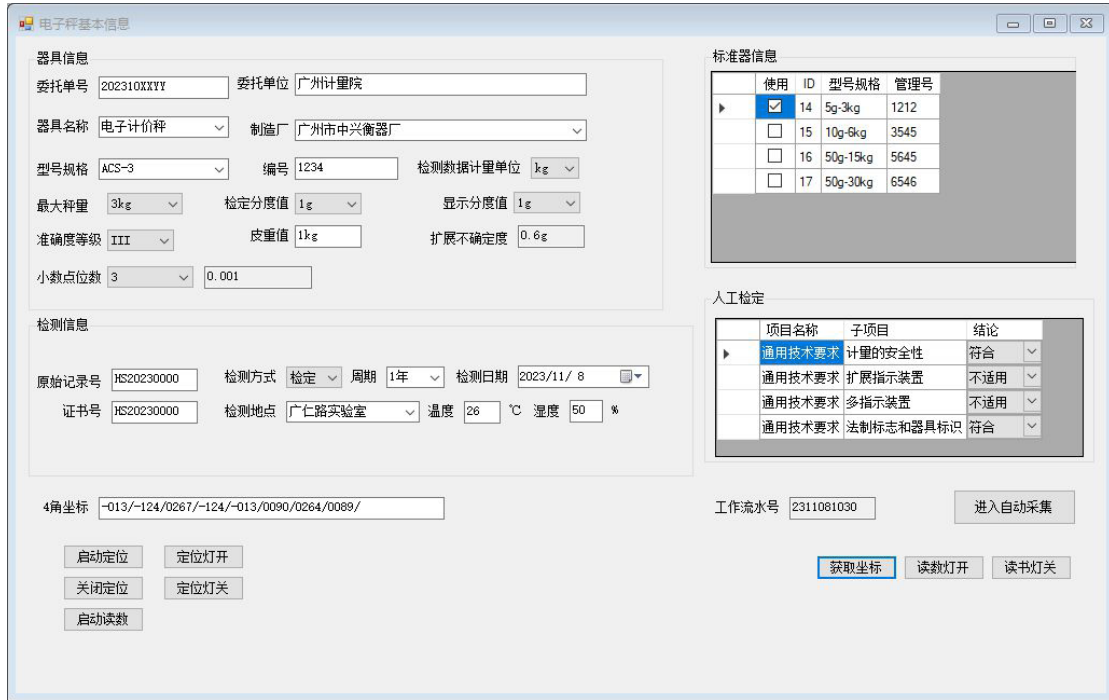


图10 电子案秤基本信息录入界面

数据采集界面从功能上可划分为数据信息、PLC状态信息及数据处理3部分如图11所示。数据信息主要是在自动检定过程中记录电子案秤测量结果以及

后台计算处理后的电子案秤计量信息等。PLC状态信息主要用于显示摄像头的工作状态、加载砝码进度以及PLC的流程点等。

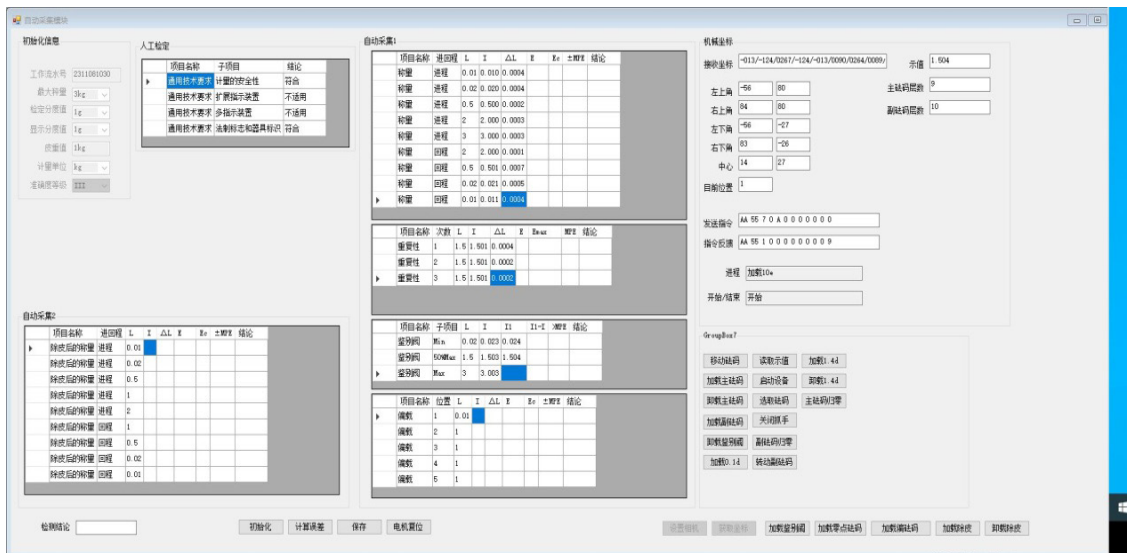


图11 电子案秤数据采集界面

3 结语

虽然本文针对电子案秤智能检定方面的空白,设计了一种基于人工智能技术的电子案秤检定装置。从而解决了传统人工检定中存在的问题,实现了各个检定项目的自动化控制,大大提高了电子案秤检定的可靠性和效率,但研制过程中存在着一些不完善的方面。今后项目计划进一步完善两个方面的研究:(1)示值识别系统的智能化能力,从人工选取显示装置范围发展到智能识别显示装置范围;(2)电子秤的检定种类推广,由现在的电子案秤继续往电子台秤种类拓展。

参考文献

- [1] 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).
- [2] 李美凤.一种基于人工智能的电子案秤检测装置设计与研究[J].市场监管与质量技术研究,2023,(04).

[3] 吴海军,丁斌,刘蕴婧.基于图像识别技术电子台秤自动检定装置的研制[J].江苏科技信息,2020,37(16).

[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).

[5] 蔡佩征,牟星辰.基于DHNN的化工厂数显式仪表的数值识别[J].电子测量技术,2020.43(19).

[6] 胡柳,邓杰,肖瑶星等.基于改进的SIFT特征的图像匹配算法研究[J].智能计算机与应用,2020.10(08).

[7] 刘自金,石玉英.基于信息熵的改进SIFT图像快速匹配算法[J].激光杂志,2021.

作者简介

郭琳琳,女,硕士,计量高级工程师。现主要从事衡器与信息化计量相关工作。