

质量比较仪自动化校准系统的研制

□江苏省计量科学研究院 徐晓峰 舒心 刘炜

【摘要】本项目意在解决现有人工校准质量比较仪面临的重复性加载位置不一致和施加砝码产生的冲击力对测量结果的影响，以及工作效率低、劳动强度大等问题。设计一款结构紧凑、新颖、适应性强、施加载荷范围广的砝码加载机构，利用机器视觉技术，根据秤盘规格、形状大小自动确定加载中心位置，极大程度保证了砝码重复加载位置的一致性，利用电机控制技术调节砝码加载速度，降低冲击力，以及应用机器人技术搭建一套质量比较仪校准系统，实现智能化控制和自动化管理。整个检测过程通过软件操作，消除人为因素的影响。

【关键词】质量比较仪；智能化；自动化；校准

引言

质量比较仪是一种用于物体间进行质量比较的仪器。它是通过两个或两个以上质量相同或相近的物体进行比较，从而得到物体间质量差值的测量仪器。其作为砝码量值传递系统中最重要的配套设备，在各级计量部门应用普遍^[1]。

目前质量比较仪的校准方式主要采用人工校准，在重复性和偏载校准时，校准结果受人员经验、操作水平等主观因素的影响较大，无法有效保证砝码每次加载的位置都能基本保持一致。同时，在加载砝码时，特别是需要大量、多次进行砝码加载，对砝码的磕碰往往在所难免，且每次比较仪承受的冲击力都存在差异，使比较仪显示的结果存在明显的的数据漂移，影响比较仪测量结果的不确定度，进而影响砝码量值传递的准确性。此外，人工

校准过程需要大量的人力劳动，极大地增加了工作强度，且校准的效率也无法得到有效保证。因此，针对上述存在的缺陷，本课题拟研制一套质量比较仪自动化校准系统。

1 国内外研究现状

通过调研和查询资料了解到，国内外针对质量比较仪的自动化校准探索较少。目前国内机构、科研院所对电子秤等衡器的自动化智能检测系统展开过部分研究，并取得了一定成果。杭州市计量技术监督检测院联合中国计量学院对电子计价秤自动检定系统进行研究，该系统能较好地完成单台电子秤的检定，并完成相应的误差测试曲线及打印报告。但其缺点是砝码加载位置固定，只能对规格为30kg/10g、30kg/5g的电子秤进行检定，检定对象单一^[2]。

中国计量科学研究院质量密度研究室研制了一套大型衡器温湿度自动加载装置，该装置通过机器人加卸载系统，可自动化实现一定温湿度条件下衡器称量性能试验，主要针对量程(300 ~ 3000)kg的衡器装置，全过程由机器人完成预先设置好的测试^[3]。

浙江省计量科学研究院针对国内电子天平检定现状，提出了两种基于机器人技术及视觉技术的可行的电子天平自动化检定方法。通过编制控制程序解决电子天平的机器人自动化检定问题，具有一定的可行性和可拓展性，有利于实现智慧计量^[4]。

国外的电子天平性能较好，与之配套的电子天平检测技术较高，而且基本实现了智能化自动检测。瑞士的梅特勒-托利多公司、德国的赛多利斯公司作为世界电子天平生产制造的领军企业，其对电

子天平的出厂测试要求较高，具有相应的配套的自动测试设备。

基于比较仪校准工作的特殊需求，以及现有国内外衡器自动化检测的运用，设计一款结构紧凑、新颖、适应性强、施加载荷范围广的砝码加载机构。同时利用机器视觉、机器人技术搭建一套质量比较仪校准系统，实现智能化控制，自动化管理。

2 研究与开发内容

本研究意在解决现有人工校准质量比较仪时面临的重复性加载位置不一致和施加砝码产生的冲击力对测量结果的影响，以及工作效率低、强度大等问题，通过自动化设备实现砝码加卸载、机器视觉自动读取数据并实时计算出结果，极大程度保证了重复加载位置基本保持一致，并有效降低冲击力，同时大幅度提高效率并降低检测人员工作强度。整个检测过程通过软件操作，消除人为因素的影响。本课题依据JJF 1326-2011《质量比较仪校准规范》对质量比较仪进行重复性、偏载、局部示值误差的校准。

2.1 研究的主要内容

(1) 根据质量比较仪工作特点以及现有自动加载装置结构特点，提出比较仪自动化校准系统设计指标。通过三维设计软件建立砝码自动加载装置模型，其主要包括两大部分组成：加载机构和驱动系统；

(2) 采用LABVIEW 作为上位机软件开发平台，通过串口通讯实现上位机与PLC 控制器的通讯，控制相应电机驱动加载机构控制标准砝码的加卸载。依据比较仪秤盘尺寸，设置程序实现秤盘中心及偏载区定位加载，通过调节砝码加载速度缓解冲击力。通过人机交流实现对各模块的集中监控、调试，将整个过程中的检测操作信号集成到控制面板上进行管理；

(3) 自定义通讯协议，通过指令实现上位机与质量比较仪、温湿度传感器、气压计等的数据采集功能，实现各项原始数据的自动采集记录；

(4) 完成样机加工，测试各模块间数据传输的可靠性，显示数据的准确性，对运行装置、PC 端软件系统进行整体联合调试，确保整个系统整体运行符合验收指标要求，运行安全无故障；

(5) 依据检定规程要求编制电子原始记录，能够实现原始数据自动处理及评定。构建砝码检测结果数据库，并对数据库进行上传、存储、备份，可根据日期查询过往检测数据，实现计量性能追溯及数据监控。

2.2 主要技术指标

加载范围：(26.1~64.1)kg；

适应秤台尺寸：最大可达60cm × 60cm；

加载性能：砝码加载重复性 $s \leq 30\text{mg}$ ；

定位精度：5mm 以内；

校准耗时：30min/ 台；

数据接口兼容：RS232、USB、以太网等

2.3 拟解决的关键技术问题

(1) 通过机器视觉技术，根据不同型号、规格大小的质量比较仪秤盘建立坐标，将工作区域划分，自动确定加载位置，确保砝码施加位置的一致性。

(2) 通过人机交互界面，根据已录入比较仪规格抓取相应试验载荷，通过编制好的程序精确控制模组机构之间的相互配合与协同工作，实现砝码的抓取、施加，并利用电机控制技术调节砝码加载速度，降低冲击力。

3 研究试验方法与技术路线

3.1 研究试验方法

首先，依据校准规范要求对现有质量比较仪的校准过程建立模型，提取该装置研制所需的基本参数、功能需求，包括校准范围内质量比较仪的规格尺寸、校准项目、校准方法等。其次，通过设计指标，搭建一款结构紧凑、适应性强、施加载荷范围广的砝码加载装置。然后选择该装置的驱动方式以及电气控制系统，利用图像处理、图像识别以及通信技术，来实现秤盘区域划分并自动确定加载位置以及数据采集。紧接着根据比较仪校准环境要求，增加稳定底座、防风处理的功能要求。最后，对整套装置进行合成化、系统化研究布局，以达到稳定、自动、高效的特点。

3.2 技术路线

项目实施的整体技术路线如图1 所示。

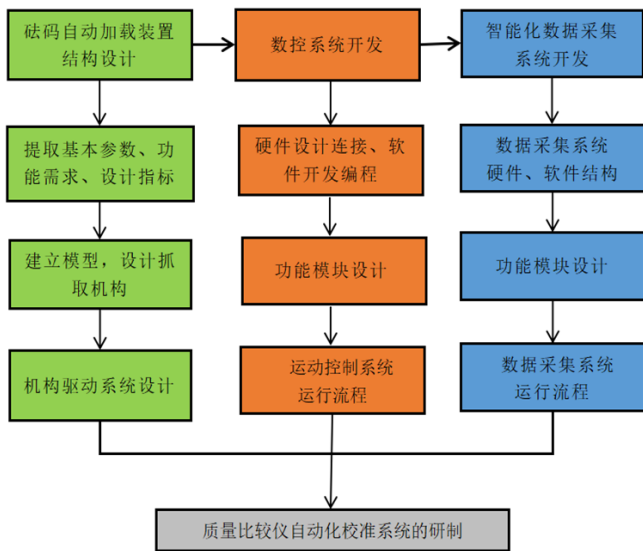


图1 项目研究技术路线

3.3 项目研究方法（技术路线）的可行性、先进性分析

通过前期科研工作的基础和针对性的实验，项目组成员对装置结构设计、硬件设计、软件编写都有坚实的技术基础，并且项目中涉及到的通讯技术、计算机编程技术、机器人技术应用已相当成熟。

本研发项目的质量比较仪自动化校准系统主要

由底座、工作台、标准砝码、砝码加载机构、上位机控制软件、数据采集系统等部分组成，项目实施的整体技术路线如图1所示。

(1) 砝码自动加载装置结构设计

将待测质量比较仪放置工作台并调节水平。开始校准时通过人工输入方式录入被测比较仪的基本信息，然后移动工作台使比较仪至砝码加载区域。依据校准项目，试验过程砝码加载由两部分组成，试验载荷加载通过模组形式完成，标准小砝码加载通过机械手完成。首先，根据已录入比较仪规格抓取相应试验载荷，模组机构由X轴组件、Y轴组件、Z轴组件和夹爪组成，通过编制好的程序精确控制X/Y/Z组件之间的相互配合与协同工作，使夹爪移动至砝码区，抓取砝码实现重复性加载。而根据比较仪尺寸大小完成预设置好的偏载校准轨迹，使砝码依次放置在偏离秤盘中心的“前”、“后”、“左”、“右”的位置，以达到偏载校准的效果。在进行局部示值误差校准时，通过被校比较仪测量范围，确定标准小砝码规格大小，对机械手模型设计，通过设计好的机械臂运动轨迹，抓取砝码并将砝码平稳放置试验载荷上，然后通过模组完成试验载荷加载。自动加载装置图如下图2所示。

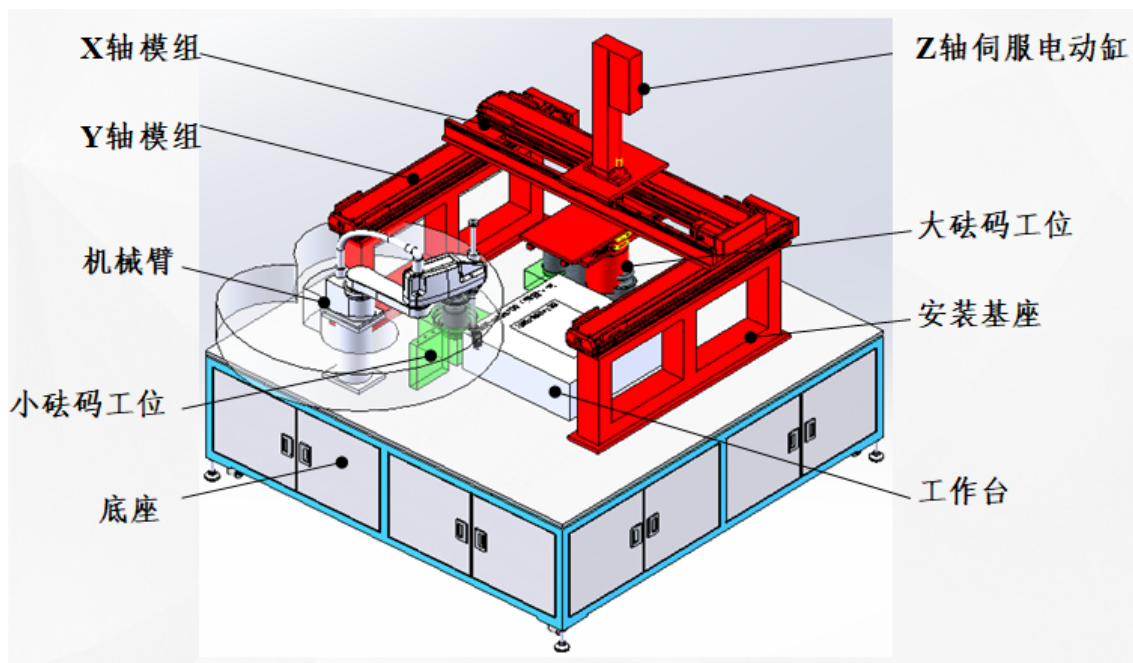


图2 自动加载装置图

(2) 数控系统通讯与运动控制系统设计

一个功能完善、界面友好的控制系统包括两方面：良好的硬件搭建和稳健的软件系统开发，本研究的控制系统包括硬件设计连接和软件开发编程。

硬件设计连接主要包括PC机、通讯模块、PLC、驱动器、伺服电机、编码器、继电器、砝码抓取机构

以及控制电路所涉及的一些辅助连接电器件。

软件开发编程主要包括利用LabVIEW和Visual C++6.0软件开发的上位机数控系统和使用下位机PLC可编程控制器对砝码抓取机构实现自动控制。

控制系统总体框架如图3所示。

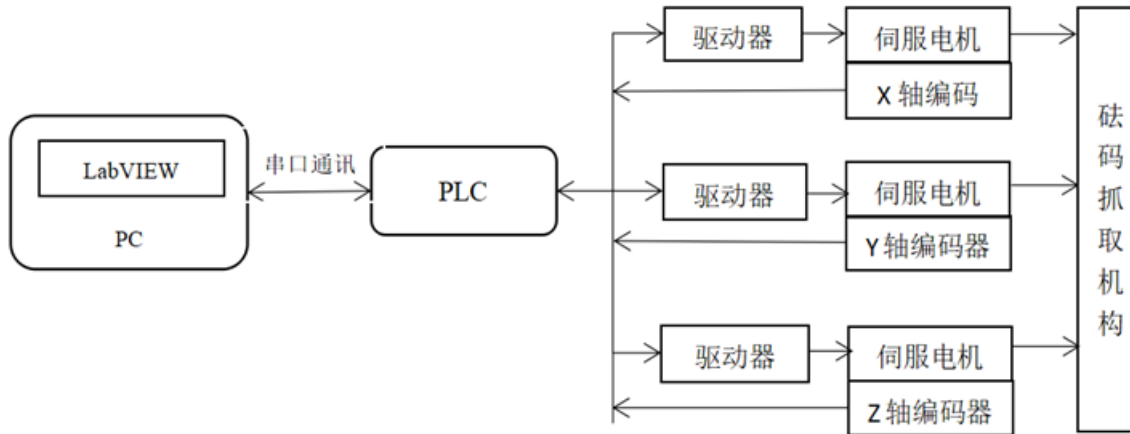


图3 控制系统总体框架图

当进行质量比较仪校正时，系统运行，将砝码抓取机构的轨迹从LabVIEW开发的人机交互界面输入，经过后台程序处理，译码，生成命令帧，通过串口RS232将代码传输给运行的PLC，PLC根据代码重置寄存器，执行相应的动作，驱动伺服电机转动。与此同时，安装在伺服电机上的编码器检测电机的实际转角反馈给上位机，经过PID补偿调节控制，精确定位地完成砝码抓取和施加。

(3) 智能化数据采集系统开发

通过自定义与其他串行通信设备通讯的协议，通过使用接收中断、字符中断、发出指令和接收指令，实施该系统与质量比较仪、温湿度及气压差等测量仪表间的数据接收，实现各项原始数据的自动采集，测试数据自动处理及评定，生成电子原始记录。

4 总结

本项目通过设计能够承担较大负载的搬运机构，利用计算机软件控制执行相应的动作，实现砝码加载过程的自动化。通过采集系统与上位机对接，实现测量数据的自动采集、自动计算、原始记录的自动生成，从而保证数据准确可靠，保障检测

安全，降低人工误判风险。研究成果可应用于计量技术机构的质量比较仪校准工作，为机构提供更加安全、高效、准确的检测手段，并进一步提升计量检测领域的自动化与智能化水平，经过适当改进也可应用于小型台案秤的测试。

参考文献：

- [1] JJF 1326-2011,《质量比较仪校准规程》[S].
- [2] 厉志飞,赵伟国,等.《电子计价秤自动检定系统的研制》[J]. 衡器,2011,(12):43-45.
- [3] 信息咨询.《国内首台衡器自动加载试验装置研制成功》[J]. 机械,2011,(5).
- [4] 陈元杰,葛锐,等.《机器人技术在电子天平检定过程中的应用》[J]. 衡器,2019(1):1-7,26.

作者简介：徐晓峰，工程师，硕士，一级注册计量师，主要从事质量、力值、扭矩等力学计量检测和研究，系江苏省局重点科研项目《质量比较仪自动化校准系统》、《在线称重计量罐标准加载检测系统》的任务负责人，在公开期刊发表多篇专业论文。