

一种 1t 称重传感器自动检测装置的研制

□张莉莉 徐锴 朱俊

(上海市计量测试技术研究院, 上海市 200233)

【摘要】本文介绍了一种1t 称重传感器自动检测装置。该装置采用人工智能技术实现了软硬件设计, 装置具有自动加载系统、数据采集与控制系统、实时监控与故障预测、设备数据共享等功能, 旨在实现高效、准确的称重传感器自动检测。

【关键词】称重传感器; 力标准机; 温湿度箱; 自动检测

文献标识码: A 文章编号: 1003-1870 (2024) 11-0039-05

引言

随着工业自动化的发展, 称重传感器在工业自动化过程中承担着至关重要的角色, 广泛应用于质量测量、产品检验、过程控制等多个领域。其性能的优劣直接关系到生产质量、生产效率和设备安全性^[1]。在传统的检测工作中, 称重传感器常常依赖人工来进行检测。然而, 这种方法不仅效率较低, 而且容易因人为因素导致测量结果的不一致或错误^[2]。因此, 研制一种自动化的称重传感器检测装置具有重要的实际意义。为了确保称重传感器检测的自动化, 本文将介绍一种1t 称重传感器自动检测装置(以下简称“装置”)的设计与应用。

1 研制目标

本文提出了一种1t 称重传感器自动检测装置的设计与实现方案, 该装置通过自动加载、实时数据监测和自动化控制等, 达到高效、准确的称重传感器自动检测, 装置的总体布局见图1 所示。本研究的目标是设计并实现一套能够自动对(10kg 至1t)范围内C6 等级以下称重传感器进行检定、校准和型式评价工作。装置由力标准机、温湿度控制箱和主控机组成, 通过数据采集与控制系统, 实时监控与故障预测、设备数据共享, 以实现高效、准确的称重传

感器自动检测。该系统的设计要求具有高精度、高稳定性、高可控性和友好的用户界面, 确保在自动检测过程中能够有效、准确地完成称重传感器的自动检测。



图1 装置照片

2 方案设计

2.1 硬件设计

2.1.1 力标准机

力标准机的主框架包括上梁、上支撑座、底座、立柱和支撑拉杆等，确保足够的强度和刚度，安全系数大于3，同时结构设计便于设备的维护和保养。该装置的力产生部分由固定平台、加载机构、传感器接口和控制系统组成。力产生装置的吊挂系统包括反向器和中心吊杆，其自重为10kg（由23个砝码组成：6个10kg、3个20kg、2个30kg、3个40kg、4个60kg、2个80kg、3个100kg），支持电动独立加砝码，量程在10kg至1t之间，按10kg递增。反向器与吊杆用于安装被测称重传感器及标准测力仪^[3]，并承担所有砝码的加载，其结构简图如图2所示。

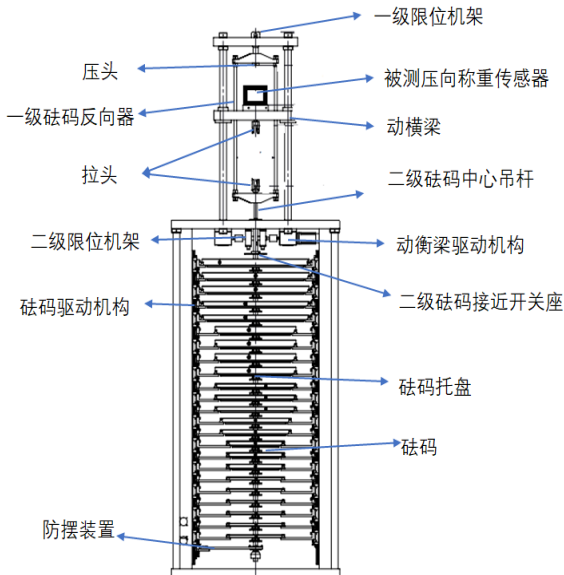


图2 力标准机的结构简图

(1) 砝码

采用电动独立加卸载砝码控制方式，允许 n 块砝码自由组合成不同的加载力级别。通过优化算法，寻求砝码配置的最优解，实现10kg至1t的全范围内各测量点的无砝码交换的加卸载^[4]。特定力值的测量需要砝码交换，以避免“逆载荷”现象，从而确保测量的准确性。同时，设置防摆板和防摆驱动以防止砝码摆动，砝码结构图见图3。同时保证砝码的数量和配置，满足无砝码交换下的检定和校准需求，符合JJG 669-2003 规程，最大允许误差不超过0.0016%。



图3 砝码结构图

①砝码的数量及配置满足在无砝码交换的情况下实现对相应量程范围内称重传感器的检定、校准和型式评价工作，相应过程符合JJG 669-2003 检定规程的要求。

②砝码最大允许误差不超过0.0016%。

③砝码调整腔应三点对称布置，以确保重心可调。

④砝码采用无磁不锈钢锻件加工，表面加工粗糙度不超过 $1.6\mu\text{m}$ 。

(2) 承载动横梁及移动系统

承载动横梁的移动系统采用伺服电机驱动滚珠丝杠结构，动横梁位置、速度和加减速曲线控制可调，控制方式可以通过计算机或手动操作进行。动横梁具备足够的强度和刚度，以承受不同载荷，避免因变形引起的测量误差。通过适当的横梁截面形状和支撑点设计^[5]，确保载荷在整个动横梁上的均匀分布，以避免局部应力集中，进而提高测量的准确性。吊挂上的横梁结构图见图4所示。

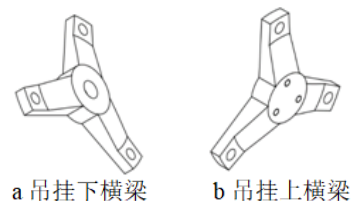


图4 横梁结构图

(3) 砝码升降驱动机构

砝码升降驱动机构是力标准机的重要组成部分，它通过电动驱动、机械传动和控制系统的配合，实现高精度和高稳定性的砝码加卸载功能。设计时注重驱动精度、系统安全性和操作的便捷性，从而为测量提供准确可靠的基础。采用同步驱动的方式^[6]，确保每一块砝码的上下移动不会引起倾斜或撞击。该机构由带减速器的伺服电机通过涡轮副直接驱动滚珠丝杆进行升降，控制砝码的加卸过程，驱动结构见图5所示。

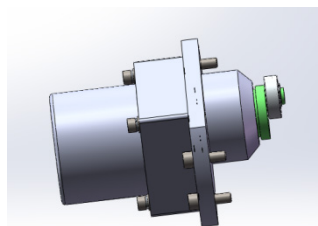


图5 驱动结构图

(4) 球面与钢球传递载荷的设计

设计过程中考虑磨损、接触应力、接触面积等因素，优化测量性能，并提高设备的可靠性与安全性，采用了球面设计和钢球传递载荷两种技术手段^[4]，有效地减少侧向力对称重传感器的影响。球钢球与

球面之间的接触为点接触方式，这种接触方式可以在承载高强度载荷的情况下减少接触面积，从而降低摩擦损失，提高了称重传感器的测量精度。该设计方案可以优化弹性元件结构，提高称重传感器性能。

2.1.2 温湿度试验箱

针对当前称重传感器温湿度试验周期长和工作量大的问题，力产生装置设计在高精度温湿度控制箱内，重点研究有称重传感器温度、湿度、时间和力值的关系，建立温湿度试验的评判依据，开发相应的控制软件，通过对温度、湿度、时间、力值的自动控制及数据采集处理，实现对称重传感器的自动检测及数据采集处理。为保证箱内温湿度的均匀性，采用整体式设计，制冷机组安装在设备后面机箱内，空气强制循环，平衡调温调湿和螺旋镍铬加热丝和绝缘陶瓷支架制作加热器，通过PID调节模式，准确调温调湿。温湿箱底板透气设计，支撑强度高。温湿箱开孔位置，避开传感器线路，通过出风口蜂窝板的设计，减少风对试验结果的影响。同时设计有观察窗，人员可以观察试验过程以及观察箱内大气压力的示值。温湿度箱结构如图6所示，其技术指标见表1。

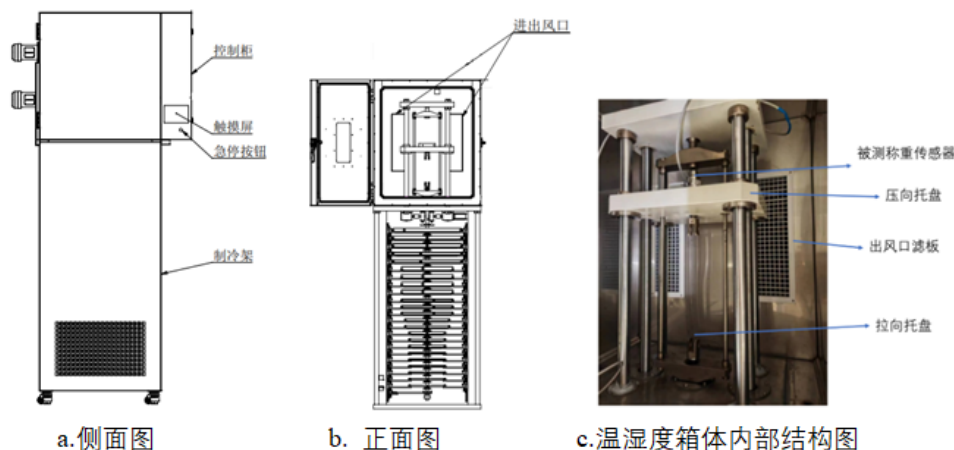


图6 温湿度箱结构简图

表1 温箱的技术指标

项目	技术指标
温度控制范围	-10℃ ~ 70℃
温度波动度	± 0.5℃
温度均匀度	± 1℃
湿度范围	30% ~ 85%

2.2 软件设计

软件系统是整个装置的“大脑”，通过PLC（可编程逻辑控制器）进行中心控制，确保整个自动检测过程高效运行。控制软件基于人工智能（AI）技术，通过对温湿度、力值、位置自动采集、运算、

控制的模式，在上位机的控制下实现对力标准机砝码的自动加卸载、温湿度试验箱的温湿度调整，并自动处理试验数据。对整个测试过程进行监控与控制，包括加载、数据采集和结果分析。由PLC 控制器、操作界面、数据采集卡组成^[7]。PLC 控制器实现对整个装置的自动化控制，接收传感器信号及用户设定，发出控制指令。

开发界面基于单文档形式，简单明了。应用线程进行串行通信，避免了程序因串行通信接线故障而陷入死机的情况。在系统中，把需要进行监控的各个部分用与之形状相似的图符显示在界面上，从而在计算机屏幕上形成可以直观、形象、全面展示出设备机械结构的动画模型。提供了简单易用的用

户交互界面的操作界面，便于设置参数、监控过程及查看结果。

利用AI 技术把控制计算机与被监控设备之间的双向信息整合，建立设备需要监控的工作部件与屏幕上动画部件之间的联系，实现工作状态以动画形式表示和鼠标点击动画部件发出控制指令的功能。基于AI 的监控系统，设定故障检测与诊断功能进行故障处理^[8]，实时监测关键组件的工作状态，可以实时分析装置的工作状态，并在出现异常时及时发出警报，引导用户进行处理。试验结束后可自动计算并输出数据，处理、保存和导出原始记录。软件界面如图7 所示。



图7 软件界面图

装置实现了测试过程的自动化。装置基本性能测试实现全自动无人值守自动化检测，而测量准确性常受温度、湿度、电压、大气压力等环境因素的影响，需要多种设备联机共享技术的局限性，需要人工干预实现了半自动化检测。自动化试验项目见表2。

表2 试验项目自动化情况表

全自动项目	人工干预的半自动项目
在20℃，40℃，-10℃，20℃下的温度试验和重复性	室温下大气压力影响
在20℃，40℃，-10℃，20℃下的最小静载荷输出温度影响	标记有CH(或无标记)的湿热循环

全自动项目	人工干预的半自动项目
在20℃, 40℃, -10℃, 20℃下的蠕变	标记有SH 的湿热稳态
在20℃, 40℃, -10℃, 20℃下的最小静载荷输出恢复	预热时间
/	电源电压变化
/	量程稳定性

2.3 设备安全性保护

为保证试验过程的安全性,设计多重安全保护功能机构,包括被检称重传感器防过载的软件保护、限位装置的机械保护和急停开关的手动应急保护。系统需配备称重传感器和过载保护机制,防止在重复测试过程中因过载导致的称重传感器损坏及设备故障。砝码作为装置的标准载荷,砝码的防护主要包含防潮防护和防尘防护。

3 挑战和展望

尽管项目已取得进展,但仍面临挑战,包括数据隐私和安全性问题、设备兼容性和技术集成难度,这可能影响系统的整体性能。

3.1 数据隐私与安全性

随着软件系统的应用,许多数据(如测试结果、用户操作记录等)被收集和存储。一旦出现数据泄露或未授权访问,可能导致用户信息泄露,给使用单位带来风险。

3.2 设备兼容性和技术集成

将软件系统整合到现有的力标准机、大气压力计、温湿度计、温湿箱、大气压力环境模拟箱和称重传感器中可能涉及硬件和软件的兼容性问题,尤其是在不同厂家和型号设备之间。不同的被测样品的数据通信和技术协议使得实时数据共享和设备联动困难,影响整体系统的性能。

3.3 智能维护管理

结合AI与预测性维护,系统预计可能发生的故障并提前进行维护,降低停机时间,优化操作效率。现有系统还有多个半自动检测项,为了降低人工干预,需要进一步完善自动化程度。

未来AI在称重传感器检测中的发展方向AI需要更智能的自动化系统、自适应检测及称重传感器检测中的广泛应用中,跨设备的数据共享能力以及更

智能的维护管理系统,这些都将进一步推动工业自动化的进程。虽然已经展现出优势,但也面临一些持续的挑战。同时,未来的发展方向也指向更高的智能化和自动化。

4 结语

综上所述,本文通过人工智能技术实现了10 t 称重传感器自动检测装置的硬件和软件设计,检测装置经中国测试技术研究院的溯源,其力标准机达到了0.01级的高精度,满足C6级以下称重传感器的型式评价、检定和校准要求。该装置提高了检测效率,减少了人为操作的风险,为后续工业应用奠定了坚实基础。未来希望通过持续研究与创新,将其打造成更智能、更灵活和稳定的检测装置,以推动工业领域称重传感器的高效检测,为相关行业的发展提供有力保障。

参考文献

- [1] 范占峰. 称重传感器检测系统的设计与实现[D]. 电子科技大学[2024-10-12]. DOI:CNKI:CDMD:2.1014.137913.
- [2] 屠淳, 夏慧, 卢小犇等. 一种新型静重式力标准机的设计介绍[J]. 机电产品开发与创新, 2019, 32(02): 22-24.
- [3] 骆沁超. 在役系杆拱桥不中断交通吊杆更换研究[D]. 南京林业大学, 2023. DOI:10.27242/d.cnki.gnjlu.2023.000421.
- [4] 郑辉, 张涛, 王鹏. 全自动独立加码杠杆式力标准机的研究[J]. 自动化与仪表, 2021, 36(04): 92-94+98. DOI:10.19557/j.cnki.1001-9944.2021.04.019.
- [5] 黄丹. 多功能大载荷风洞天平静校系统的研制[D]. 哈尔滨工业大学, 2017.
- [6] 吴振兴, 罗检民, 贺华等. 关于提高电阻应变式称重传感器综合性能的探讨[J]. 衡器, 2024, 53(08): 13-16.
- [7] 张寿德. 称重传感器检测系统的设计及实现分析[J]. 中国标准化, 2018, (08): 218-219.
- [8] 李鑫. 制冷系统传感器与热力故障解耦、重构及诊断[D]. 重庆大学, 2022. DOI:10.27670/d.cnki.gcqdu.2022.003802.

作者简介

张莉莉(1987—), 女, 山东菏泽, 硕士研究生学历。研究方向为力学计量。