

基于 AI 与区块链的电子计价秤全流程智能检定与跨部门协同系统

□孙兆涛¹ 罗检民¹ 王琳¹ 胡姣姣¹ 江浩²

1. 湖南省计量检测研究院 2. 河南省计量测试科学研究院

【摘要】针对电子计价秤传统检定模式中存在的效率低、覆盖率不足、数据可信度差及监管协同性弱等问题，本文设计并实现了一套集成机器视觉、物联网、区块链与大数据技术的智能检定与协同监管系统。系统由智能检定终端、区块链存证平台和智慧监管云平台三部分组成，通过改进PSENet+BERT-CRF模型实现复杂场景下铭牌信息的高精度识别；利用可微分规则引擎自适应多业态检定流程；基于联盟链技术实现检定数据全程可信存证与“一秤一码”绑定；通过API网关实现与既有政务平台（如e-CQS）的数据协同。系统基于AI技术实现智能风险预警，依托检定历史数据、实时误差趋势、商户诚信记录等多源信息，构建动态风险评估模型，自动识别异常模式并实时推送预警信息，辅助监管部门开展靶向式执法。试验结果表明，系统可将单台检定时间从30分钟缩短至10分钟以内，效率提升300%，数据录入错误率降低90%以上，有效支撑了“智能检定—风险预警—靶向执法—社会共治”的一体化监管新机制^[8]。

【关键词】电子计价秤；智能检定；机器视觉；区块链；跨部门协同；智慧监管

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2026）01-0024-08

Full-Process Intelligent Verification and Cross-Departmental Collaboration System for Electronic Pricing Scales Based on AI and Blockchain

【Abstract】In response to the problems of low efficiency, insufficient coverage, poor data credibility, and weak regulatory coordination in the traditional verification mode of electronic pricing scales, this paper designs and implements an intelligent verification and collaborative supervision system integrating machine vision, Internet of Things, blockchain, and big data technologies. The system consists of three parts: an intelligent verification terminal, a blockchain-based evidence preservation platform, and a smart supervision cloud platform, which achieves high-precision recognition of nameplate information in complex scenarios by improving the PSENet+BERT-CRF model; utilizes a differentiable rule engine to adaptively handle the multi-business verification process; achieves the full-process trustworthy evidence preservation of verification data and "one scale - one code" binding based on the consortium blockchain technology; and realizes data collaboration with existing government platforms (such as e-CQS) through an API gateway. The system uses AI technology to achieve intelligent risk early warning. Relying on multi-source information such as historical verification data, real-time error trends, and merchant integrity records, it builds a dynamic risk assessment model to automatically identify abnormal patterns and push early warning information in real time, assisting regulatory authorities in conducting targeted law enforcement. The test results show that the system can shorten the single-unit verification time from 30 minutes to less than 10 minutes, improve efficiency by 300%, and reduce the data entry error rate by more than 90%, effectively supporting the new integrated supervision mechanism of "intelligent verification - risk early warning - targeted law enforcement - social co-governance"^[8].

【Keywords】electronic pricing scale; intelligent verification; machine vision; blockchain; cross-departmental collaboration; smart supervision.

引言

电子计价秤作为贸易结算的关键计量器具，其量值准确性直接关系到市场公平与消费者权益。根据《中华人民共和国计量法》，电子计价秤属于强制检定计量器具，需定期检定。然而，目前国内仍普遍采用人工检定方式，存在以下问题：①检定效率低，单台耗时超过30分钟，年检覆盖率常低于60%；②数据可信度差，纸质记录易出错，难追溯；③监管碎片化，各部门信息孤立，难以形成合力。

值得关注的是，为破解上述难题，响应国家《计量发展规划（2021-2035年）》关于推进智慧计量体系建设的号召，国内各级计量技术机构已积极开展技术创新与实践，在智能检定装置的研发与应用方面涌现出一系列新成果。在核心技术突破上，已出现集成机器视觉、自动伺服控制等技术的智能检测装置，能够实现砝码自动加载、示值视觉识别与数据的自动处理判定，有效提升了检定精度与效率。在系统化应用层面，基于物联网与人工智能的智慧监管系统已在多地投入实践。例如，通过部署远程校准公平秤与防作弊电子计价秤，构建“感知—决策—执行—反馈”的监管闭环，实现了从人工抽检向智能监测，从被动响应向主动预警的转变。在模式创新探索上，“一秤一码”或“一衡一码”的智慧溯源模式得到推广应用，通过为计量器具赋予唯一数字身份，极大便利了社会监督与靶向监管。

上述实践表明，融合机器视觉、物联网、区块链与大数据等技术，构建全流程智能检定与协同监管系统，已成为计量数字化转型的明确趋势。本文正是在此背景下，构建了一套电子计价秤智能检定与协同监管系统，旨在实现检定流程自动化、数据存证可信化、监管协同一体化，为计量数字化转型提供技术支撑^[1]。

1 系统总体架构设计

1.1 设计目标与原则

系统设计遵循高效、精准、可信、协同四大原则，具体目标如下：

高效化：实现检定流程自动化，将单台检定耗时从30分钟缩短至10分钟以内，效率提升300%^[1]。

高精度化：确保机器视觉示值识别准确率 $\geq 99\%$ ，关键信息OCR提取准确率 $\geq 98\%$ 。

高可信化：基于区块链技术，确保检定数据全流程不可篡改、可追溯，杜绝人为干扰^[2]。

高协同化：打通与现有政务平台的数据通道，构建机构端、现场端、公众端协同的监管生态^[8]。

系统设计遵循“模块化、平台化、可信化”原则，确保技术先进，稳定可靠且易于扩展。

1.2 系统架构

为应对传统检定模式中的核心挑战，本系统创新性地采用“端—边—链—云”协同的总体架构，通过四层技术的深度融合，实现从数据感知到可信存证、智能分析与协同应用的全流程闭环。功能如图1所示。

智能感知端（Edge）——现场检定自动化执行层：该层由集成高精度工业摄像头和定制化移动App的便携式智能终端构成，是系统的“手”与“眼”。其核心功能是替代人工完成重复性操作与判断：通过摄像头自动捕获电子秤在加载标准砝码后的实时示值，并利用本地运行的轻量化深度学习模型进行快速、精准的识别与读数；同时，App根据云端下发的检定方案，智能引导检定员完成砝码放置、位置切换等流程，确保规程执行的规范性。此设计将检定员从繁琐的记录与计算中解放出来，直接支撑了检定效率的数量级提升。

区块链存证层（Chain）——检定数据可信基石层：基于企业级联盟链框架Hyperledger Fabric构建，作为系统的“信任锚”。所有从感知端上传的关键过程数据（如原始图像、识别结果、误差计算值）均即时生成唯一的数字指纹（哈希值），并写入区块链的分布式账本。此过程确保了数据一经存证便不可篡改、全程可追溯，有效杜绝了后期人为修改检定结果的可能性，为监管执法提供了具备司法效力的可信电子证据，奠定了整个系统公信力的技术基础。

智慧监管云平台（Cloud）——数据汇聚与智能中枢层：作为系统的“大脑”，该平台承担着多维度的核心职能。它首先是一个任务调度中心，能够与国家级计量业务系统（如e-CQS）对接，自动获取并分发检定任务。其次，它是一个大数据分析平台，汇聚全区域的历史与实时检定数据，运用数据挖掘技术分析作弊趋势、设备故障规律。尤为关键的是，它内嵌了AI风险预警引擎，能够基于多源数

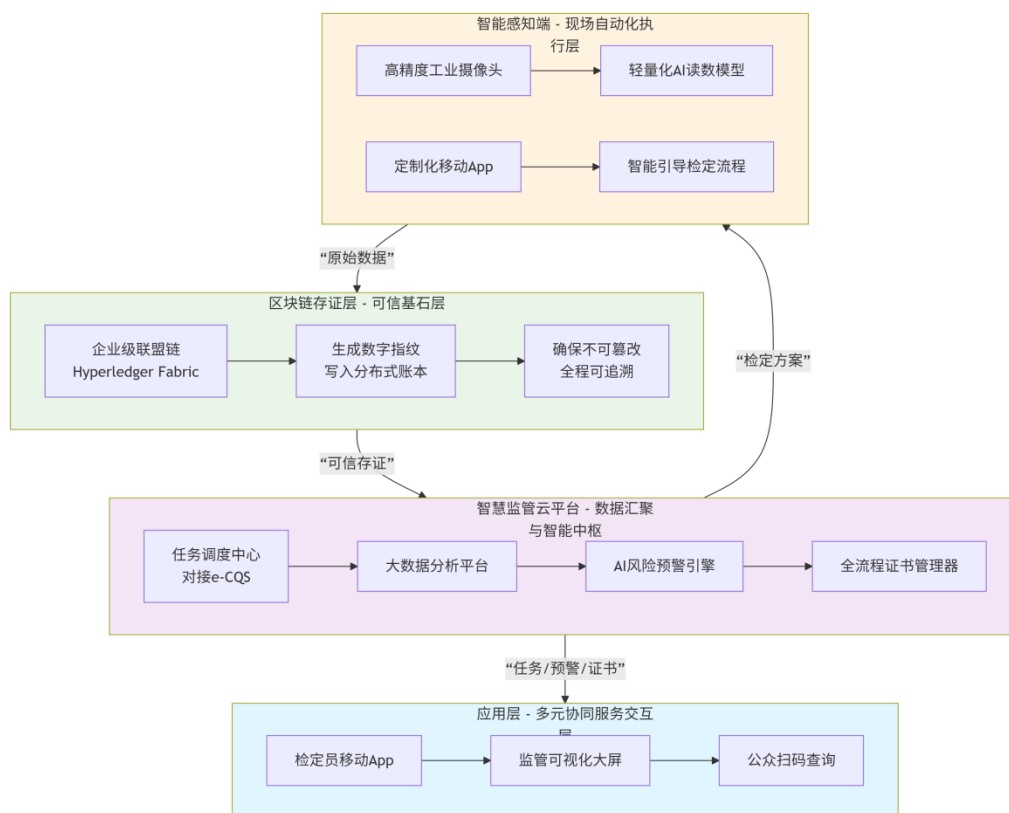


图1 四层技术架构图

据融合分析，自动识别异常模式（如某商户秤具误差持续逼近阈值、某品牌秤具集中出现故障等），并向监管部门发送分级预警，驱动“靶向执法”。最后，它还是全流程证书管理器，自动生成、存储与核验电子检定证书。

应用层（Application）——多元协同服务交互层：本层面向三类核心用户提供精准的服务入口，构建了协同共治的生态。检定员通过移动App接收任务、执行标准化智能检定流程。监管人员通过可视化监管大屏，宏观掌控区域内秤具整体合格率、风险分布热力图，实现从“人海战术”到“智慧调度”的转变。社会公众通过扫码查询，一键获取秤具的“数字生平”（包括检定时间、结果、历史记录等），将社会监督落到实处，形成了“专业检定、精准监管、社会共治”的良性闭环。

该四层架构各司其职又紧密协同：感知端确保数据来源客观，区块链保障数据流转可信，云平台实

现数据价值升华，应用层推动数据服务落地，共同构成了一个高效、精准、可信、协同的智慧计量解决方案。

1.3 工作流程

系统的工作流程是一个从任务触发到社会共治的自动化、闭环化智能管理过程，具体环节如下：

任务下发：智慧监管云平台通过标准数据接口，与国家强制检定工作计量器具业务管理系统（e-CQS）实现自动对接与数据同步。平台根据检定周期、地理位置、检定员任务负载等要素，将获取的待检任务智能调度并推送至相应检定员的移动App，实现任务的精准、高效分发。

现场检定：检定员携带便携式智慧检定装置前往电子计价秤的使用现场（如农贸市场、零售商铺、超市等）进行检定。该终端集成了高精度图像采集模块、标准砝码组及控制单元。检定员使用终端App扫描电子秤本体铭牌与商户营业执照，系统通过OCR

技术自动识别并录入关键信息。随后，系统依据识别的商户类型（如生鲜摊贩、大型超市）自动匹配并激活预置的、符合JJG 539-2016 规程的差异化检定方案模板。检定员依据App的视觉引导，操作终端自动

或辅助放置标准砝码，终端摄像头同步捕获秤具示值，系统实时完成示值识别、误差计算与合格性判定，实现了在用户现场的高效、规范作业，如图2 所示。



图2 app端页面图

数据存证：上述检定流程中，每一步操作产生的关键数据（包括原始图像、识别文本、砝码标称值、识别示值、计算误差等）均即时生成唯一的数字指纹（哈希值）。这些哈希值被实时上传至基于区

块链构建的可信存证平台，进行不可篡改的永久存证，确保整个检定过程与结果数据完整、可信、可追溯，如图3 所示。

JJG 1204—2025

强制周期检定记录格式（推荐性）

送检单位	制造商	产品名称
型号/规格	出厂编号	准确度等级
检定分度值 e	最大称量 Max	最小称量 Min
封印状态	软件标识	
型式批准编号	温度 $^{\circ}\text{C}$	相对湿度
检定依据	检定日期	有效期至
制造日期	检定员	核验员
检定地点	检定结论	证书编号

检定用计量标准装置和标准器的信息

计量标准装置	名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量标准证书编号	有效期至
标准器	名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	检定/校准证书编号	有效期至

检定项目及检定结果

通用技术要求的检查	安全性	符合 <input type="checkbox"/>	不符合 <input type="checkbox"/>
	调整	符合 <input type="checkbox"/>	不符合 <input type="checkbox"/>
	水平指示装置	符合 <input type="checkbox"/>	不符合 <input type="checkbox"/>
	扩展显示装置	符合 <input type="checkbox"/>	不符合 <input type="checkbox"/>

图3 原始记录示例图

标签与证书：对于检定合格的电子计价秤，系统立即驱动便携打印机，生成并打印包含唯一二维码的“一秤一码”防伪电子合格证，现场粘贴于秤具显著位置。同步，完整的检定记录（含区块链存证哈希

值）回传至智慧监管云平台，平台依据规程要求自动格式化生成具有法律效力的电子检定证书，并归档备查，如图4 所示。



图4 检定证书示例图

监管与共治：在监管端，管理人员可通过可视化监管大屏，实时洞察辖区内所有秤具的分布、状态（合格、待检、不合格）、整体合格率统计及基于数据分析的风险预警信息（如异常误差聚集、频繁投诉商户），支撑精准执法决策。在公众端，消费者可使用手机扫描秤具上的二维码，即时查询该秤具的检定详情、有效期及历史记录，并对可疑行为进行一键投诉，从而构建起“专业检定、精准监管、社会监督”三位一体的协同共治新机制，如图5所示。



图5 合格标签示例图

2 系统关键技术与实现

2.1 基于深度学习的复杂场景信息提取技术

针对铭牌、营业执照图像存在的光照不均、角度倾斜、文字密集、背景复杂等问题，本研究提出一种多任务融合的深度识别模型。

模型结构：采用“改进PSENet + BERT-CRF”的

串联模型。首先，使用改进的PSENet（渐进式尺度扩展网络）进行文本检测，其优势在于能有效分离粘连文本，对微小、模糊字体具有更强鲁棒性。然后，对检测出的文本区域进行透视变换校正，消除几何畸变。最后，引入融合视觉特征的BERT-CRF模型进行命名实体识别（NER），精准提取“型号”“出厂编号”“统一社会信用代码”等关键字段。

训练与优化：基于超10万张真实场景图像数据集进行训练，并采用注意力机制让模型专注于关键文本区域，有效抑制印章、底纹、装饰图案等噪声干扰。经实测，关键信息提取准确率稳定在98%以上。

2.2 基于可微分规则引擎的多业态自适应检定技术

为克服JJG 1204-2025 规程[5]的统一性与应用场景差异性之间的矛盾，本研究构建了一种可配置的多业态规则引擎。

知识图谱构建：将检定规程JJG 1204-2025 条文数字化、参数化，构建成一个规则知识图谱。图谱中的节点代表检定项目（如“偏载测试”“称量测试”“除皮测试”等），边代表项目间的逻辑关系与执行顺序，节点属性包含该项目的具体参数（如测试点、允许误差、计算公式等），如图6所示。

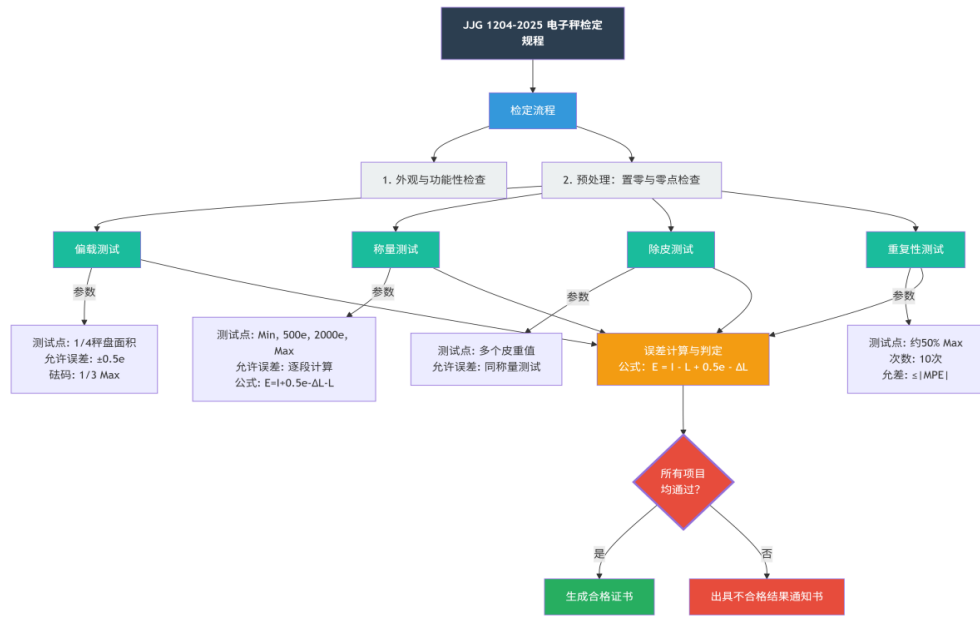


图6 知识图谱

自适应匹配：引擎根据智能识别出的“商户类型”（如“生鲜超市”“集贸市场摊贩”）或“秤具型号”，从知识图谱中自动匹配并激活对应的检定模板（Scheme）。例如，匹配“集贸市场”模板后，

引擎将优先加载“去皮称重”测试项并设置更严格的误差阈值。此过程将传统手动配置方案的时间从20分钟缩短至秒级，实现了“一键检定”，如图7所示。

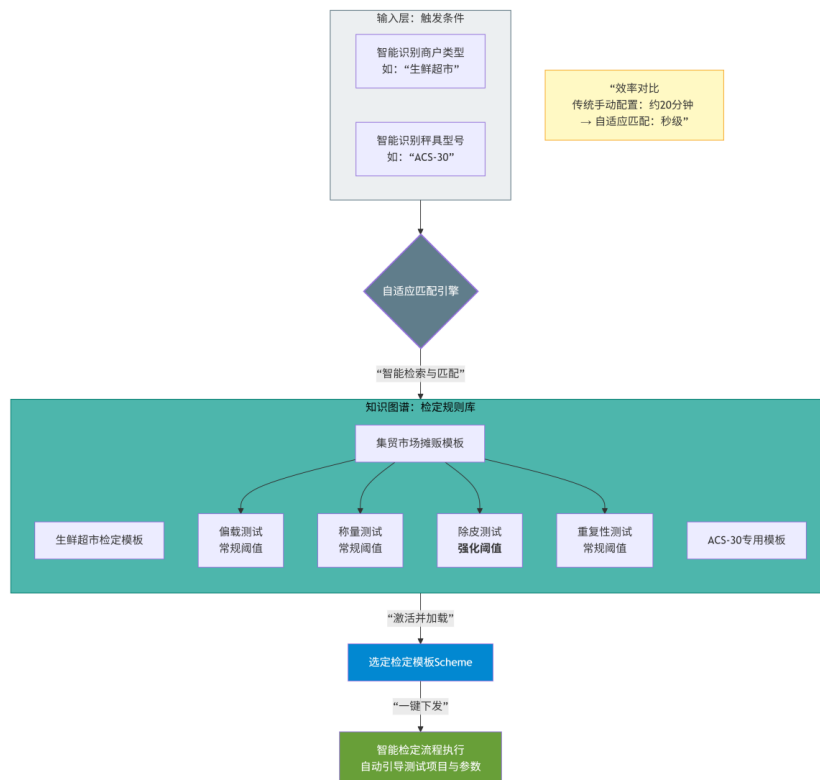


图7 模板引擎

2.3 基于区块链的全流程可信存证与追溯技术

为解决数据可信问题，本研究设计了基于联盟链的可信存证机制^[2]。

“一秤一码”物联绑定：为每台检定合格的电子秤生成一个唯一对应的二维码标签。该二维码并非简单链接，而是包含了秤具的唯一ID和本次检定记录的数字哈希（Hash）值。

存证与验证：检定过程中产生的原始图像、识别结果、误差数据等关键信息，均实时计算哈希值并上传至区块链存证。公众扫码后，小程序会从链上查询并比对该哈希值，即可验证当前查询结果是否与原始检定记录一致，从而有效杜绝数据篡改和标签伪造。所有检定记录形成一条不可篡改的电子秤“数字生平”^[2]。

2.4 多源异构系统协同与数据融合技术

为实现与现有e-CQS等政务系统的无缝对接，本研究设计了智能数据协同网关。

数据清洗与映射：采用基于图神经网络（GNN）的模糊匹配算法，解决企业名称不一致（如“XX鲜果店”vs工商注册名“XX鲜果商贸有限公司”）的问题，实现商户信息的精准关联。

API优先与实时协同：通过一组定义良好的RESTful API实现系统间解耦。任务下发、状态上报、数据回传等均通过API实时交互，确保任务下发延迟低于3秒，实现了检定任务流的自动化闭环管理^[8]。

3 系统创新性分析

3.1 技术融合创新

本文提出的系统并非单项技术的简单叠加，而是针对传统检定与监管模式中的系统性瓶颈进行的一次多维度、深层次的融合创新。其核心价值在于通过“技术融合”与“模式重构”，构建了一个贯穿数据采集、处理、存证、分析与应用全生命周期的可信闭环。与国内外现有方案相比，本系统的创新性主要体现在以下两个层面，具体差异对比如表1所示。

表1 技术差异对比表

现有主流方案 / 参考文献方法	本系统方案	核心创新点与差异
技术路径：单点自动化，侧重于检定执行环节的自动化，如利用机器视觉识别示值	技术路径：全流程智能化，构建“感知—决策—执行—存证”闭环，AI驱动全流程。	从“替代人工操作”升级为“替代人工决策”，实现端到端自主智能
机器视觉应用：规则化或功能单一，多用于LCD屏字符识别，复杂场景适应性差	机器视觉应用：深度语义理解，采用“改进PSENet+BERT-CRF”模型，高精度提取结构化信息	解决了复杂场景下文本信息的鲁棒性提取难题，准确率>98%
区块链应用：侧重于设备防作弊，如绑定秤具状态，防止非法开启。	区块链应用：全流程数据存证，对检定过程本身逐级哈希值存证，确保数据生成即可信	从“保障设备物理状态可信”深化为“保障计量数据全生命周期可信”
监管模式：分段式或单一主体监管，数据分离，存在信息孤岛，监管滞后	监管模式：“检定—执法—共治”协同，基于统一可信数据源构建，实时联动闭环生态	打破部门壁垒，变被动响应为主动预防，变单一管理为社会共治
服务模式：专家化、固定流程，依赖检定员经验，规程应用僵化	服务模式：“即扫即用”普惠服务，通过可微分规则引擎封装规程知识，自动适配多业态	将专业计量知识转化为标准化数字服务，降低操作门槛，提升服务均等化

3.2 模式机制创新

技术的融合催生了监管与服务模式的根本性变革。

（1）监管范式创新：从“碎片化管控”到“协同化共治”

传统监管模式中，检定机构、市场监管部门和消费者之间信息阻隔，监管依赖周期性检定和被动受理投诉，效率低下。本系统基于全流程可信数据，构建了“检定机构（专业检定）—监管部门（精准执法）—消费者（社会监督）”三终端实时协同的

共治模式。

监管人员可通过智慧云平台大屏，实时查看基于大数据分析生成的区域“计量健康度”热力图与风险预警（如某区域秤具误差集中超标、某商户秤具频繁异常）。这使得监管资源得以实现“靶向投放”，从“人海战术”转向“智慧执法”。

消费者扫码监督与投诉信息，直接汇入同一监管平台，成为风险预警数据源的一部分，真正形成了“专业检查、精准监管、社会监督”联动的闭环治

理生态。

(2) 服务模式创新：从“专业门槛”到“普惠服务”

传统检定高度依赖检定员的经验与责任心，人员培训成本高，且不同人员对规程的理解和执行可能存在差异。本系统通过可微分规则引擎，将厚重的检定规程数字化、代码化、模板化，封装成移动App中“即扫即用”的智能化服务。

基层检定员只需按App引导完成简单操作，复杂的方案选择、误差判定、证书生成均由系统自动完成。这极大降低了对人员专业技术背景的长期依赖和操作门槛。

系统还能根据历史数据自学习优化检定模板，类似于工业AI视觉系统，通过持续学习提升检测精度与适应性的过程，这使得计量公共服务变得更加标准化、高效化和可及化，有力提升了服务的均等化水平。

4 应用成效与分析

通过对原型系统的实地测试与试点应用，本系

统在提升检定效能、强化监管能力及创造社会效益等方面均展现出显著成效。具体应用数据来源于以下试点单位：湖南省计量检测研究院（技术验证与流程优化）、河南省计量测试科学研究院（跨区域协同验证）、长沙市红星农贸市场（高频交易场景压力测试）、华润万家超市湖南区域（连锁业态标准化应用）。多场景试点结果表明，系统具备良好的适应性与可推广性。

4.1 检定效能革命性提升

本系统检定的高效率源于对传统人工流程的重构与自动化。系统采用的便携式智能检定终端是与海南福士拓科技有限公司等单位联合研制的专用装置。该装置并非简单的自动化替代，而是一个集成了高分辨率工业相机、嵌入式AI处理单元、可编程标准砝码组及伺服控制机构、交互式平板电脑的软硬件一体化系统。其工作流程与耗时分解如表2所示，充分证明了“9分钟以内”完成现场检定的现实可行性。

表2 工作流程表

检定环节	本系统智能流程耗时（分钟）
信息录入与核验	4-5（OCR自动识别、秒级匹配）
方案选择与准备	≈0（App自动匹配、一键加载）
砝码加载与示值读取	3-4（终端辅助引导/自动加载、视觉自动识别与判定）
总计（单台）	≤9

4.2 监管覆盖与精准度质的飞跃

试点区域数据表明，本系统通过任务智能调度与现场高效作业，能够将电子计价秤的年度强制检定覆盖率从约60%的理论上限，切实提升至95%以上。更重要的是，智慧监管云平台基于汇聚的全量、可信检定大数据，构建了动态更新的区域计量“健康度”数字画像。

风险预警精准化：平台运用机器学习算法，对历史误差趋势、商户投诉记录、设备故障频率等多维数据进行分析，自动标识高风险商户或区域，并通过监管大屏以热力图形式直观呈现。这使得监管部门的执法资源得以实现“靶向投放”，试点期间，对预警商户的复查命中率超过85%，执法精准度与响应速度得到根本性提升。

监管模式协同化：系统打破了检定机构与市场监管部门间的信息壁垒，实现了从计划、执行到结果监督的线上闭环，为构建“智能检定、风险预警、

靶向执法、社会共治”的一体化新型监管机制提供了坚实的技术底座。

4.3 社会效益与共治生态初步形成

系统的社会价值在消费端得到了直接体现。通过“一秤一码”的防伪合格证，消费者扫码即可查验秤具的“数字生平”，包括检定时间、结果、检定员信息及历史记录，极大地增强了交易透明度和消费信心。

在长沙红星农贸市场的试点期间，市场管理方反馈，消费者关于“缺斤短两”的争议和投诉量环比下降了约35%。

公众的扫码查询行为本身也构成了海量的社会监督数据流，反向赋能监管预警模型，真正推动了“企业自治、行业自律、社会监督、政府监管”的多元共治生态的形成，有力维护了市场公平竞争秩序和消费者合法权益。

5 总结与展望

本研究成功设计并实现了一套基于多技术融合的电子计价秤智能检定与协同监管系统。该系统通过机器视觉、物联网、区块链等技术的创造性融合，有效解决了传统检定模式中的效率、可信和协同三大核心难题，为智慧计量建设提供了落地性强、可复用的解决方案^[3,8]。

未来，将进一步优化算法鲁棒性，拓展与其他政务系统的数据融合，推动技术标准制定与规模化应用。

参考文献

- [1] 海南福士拓科技有限公司. 高精度电子秤自动检定装置: CN222318214U[P]. 2023-05-17.
- [2] 湖南建研信息技术有限公司. 基于区块链的电子秤防作弊系统及方法. CN202410876543.1[P]. 2024-04-10.
- [3] 江苏省计量科学研究院. DB32/T 4068-2023 自动衡器智能检定技术规范[S]. 南京: 江苏省市场监督管理局, 2023.

[4] 国家市场监督管理总局. 电子计价秤型式评价大纲(2025年修订版)[Z]. 2025.

[5] 国家市场监督管理总局. JJG 1204-2025《电子计价秤检定规程》(试行)[S]. 北京: 全国衡器计量技术委员会, 2025.

[6] International Organization of Legal Metrology. OIML R 50-2024: Continuous totalizing automatic weighing instruments (belt weighers)[S]. Paris: OIML, 2024.

[7] International Organization of Legal Metrology. OIML R 76-2006: Non-automatic weighing instruments[S]. Paris: OIML, 2006.

[8] 西安市计量测试研究院. “1+2+N”智慧计量监管云平台构建路径分析[C]// 全国计量技术研讨会论文集. 西安: 中国计量协会, 2024: 56-62.

作者简介

孙兆涛(1972—)男,汉族,山东省淄博市,工程师,从事计量专业方向工作。