 DOI: https://doi.org/10.12349/tie.v3i8.11543

Implications of Metering Instrument Anti-Fraud Regulation for Emissions Monitoring System (CEMS) Fraud Prevention in Flue Gas Monitoring

Jian Liu Liyan Cui*

Environmental Engineering Assessment Center, Ministry of Ecology and Environment, Beijing, 100043, China

Abstract

Metering device fraud has evolved from isolated individual violations into a sophisticated, industrialized battle of attacks and defenses, posing dual threats to public consumption and tax integrity. Using electronic weighing scales and fuel dispensers as case studies, this paper establishes a three-layer attack surface analysis framework comprising the Physical Access Layer, Firmware Logic Layer, and Data Link Layer, elucidating the dynamic interplay between escalating fraud techniques and evolving defense mechanisms. The study identifies three core regulatory approaches: hardware-based lock-unlocking mechanisms with uniqueness verification, national cryptographic algorithms with self-lock activation, and blockchain-based evidence storage integrated with smart platforms, complemented by legal frameworks, standardized protocols, and cross-departmental collaboration. Transplanting these insights to flue gas CEMS fraud prevention reveals significant similarities in product certification, mandatory calibration requirements, and lead seal management practices, offering actionable references for standard integration, interagency coordination, and digital governance enhancement. This work provides a transferable analytical paradigm for cross-sector metrological regulation.

Keywords

measuring instruments; fraud prevention; electronic weighing scales; fuel dispensers; smart monitoring; flue gas CEMS fraud prevention

计量器具防作弊监管对烟气 CEMS 防欺诈的启示

刘健 崔莉妍 *

生态环境部环境工程评估中心，中国 · 北京 100043

摘 要

计量器具作弊已从零散个体违规演变为技术化、产业化的攻防对抗，对民生消费与税收秩序构成双重威胁。本文以电子计价秤与燃油加油机为样本，构建"物理接入层—固件逻辑层—数据链路层"三层攻击面分析框架，刻画作弊手段下沉与防御体系升级的动态博弈过程。研究发现：现行监管依托开壳锁机与唯一性核查、国密算法与自锁触发、区块链存证与智慧平台三类技术，并结合法制完善、标准供给与跨部门协同形成治理经验。将这一经验迁移至烟气CEMS防欺诈领域可见，二者在型式批准、强制检定与铅封管理上高度同构，可在技术标准融合、跨部门协同与数字化监管升级三方面实现借鉴。本文为跨领域计量监管提供了一套可迁移的分析范式。

关键词

计量器具；防作弊；电子计价秤；燃油加油机；智慧监管；烟气CEMS防欺诈

1 引言

计量量值的准确直接维系经济秩序与社会公平。值得警惕的是，计量器具作弊已非偶发：2024 年全国电子计价秤专项整治收缴不合格器具 3.6 万余台 [1]；2023 年以来全国加油机作弊综合治理立案 1249 件、涉案金额逾 20 亿元 [11]。数据表明，计量作弊正由个体行为演化为组织化产业链。

从学术视角审视，防作弊本质上是一个攻防博弈过程：监管每前进一步，作弊者便寻找新的技术缝隙。本文选取电子计价秤与燃油加油机作为分析样本，建立如下框架：将攻

【基金项目】内蒙古自治区 2024 年中央引导地方科技发展资金项目《基于行为分析和特征聚合的烟气监测系统反欺诈技术研究与应用示范》（项目编号：2024ZY0149）。

【作者简介】刘健（1991–），男，中国山东泰安人，本科，工程师，从事污染源自动监测领域的技术研究。

【通讯作者】崔莉妍（1995–），女，朝鲜族，中国吉林人，硕士，工程师，从事污染源自动监测研究。

击面划分为物理接入层（外壳、铅封等）、固件逻辑层（程序与参数）与数据链路层（通信与存证），防御体系对应归并为物理防篡改、数字化防篡改与智慧化监测三类技术，以及法制、标准、协同三类制度供给。后文围绕 " 攻击面下沉—防御升级 " 主线展开，并检验框架对烟气 CEMS 防欺诈领域的可迁移性。

2 计量器具作弊乱象的历史演变与技术分析

2.1 电子计价秤作弊：从”八两秤”到芯片产业链

电子计价秤作弊由来已久，在水产、水果等鲜活商品交易中尤为突出。2023 年大连多家海鲜市场被曝光存在系统性短斤少两，监管人员现场尝试数百组密码仍无法解除作弊程序 [3]；2024 年连云港”鬼秤”事件由市场监管总局挂牌督办 [4]。两案共同揭示：作弊程序已内置”抗现场核查”设计。

从技术演进看，作弊手段经历三个梯次升级。第一梯次为简易物理干扰，包括不归零、磁铁扰动、弹性拉绳等手法 [5]。第二梯次将作弊固化为电路与隐藏代码，经营者键入特定组合即可设定称重比例（“九两秤”“八两秤”），各品牌密码互不相同，现场难以破解 [5]。第三梯次最为成熟，将篡改功能下沉至主板芯片，并借助无线通信远程操控。2026 年央视调查披露，该业态已形成”芯片烧录—区域改装—网络分销”的产业链。最新变种通过手机 App 远程改写参数，使作弊完全脱离物理接触。

2.2 燃油加油机作弊：从硬件改装到软件控制

加油机作弊同样经历了从 " 动硬件 " 到 " 改软件 " 的跃迁，但规模和复杂程度远超前者。

早期以硬件干预为主：破坏铅封调整流量计、串接脉冲模拟装置抬高计数、替换计量芯片并植入 " 断电自恢复 " 功能。2009 年个案中，遥控器四档对应 5% 至 50% 的递进误差 [6]。当前阶段已全面转向”软控”：在后台计算机植入专用程序，为各加油枪独立设定偷油与偷税比例（“A 值”“B 值”），并一键切换作弊 / 正常状态 [2]。更为系统性的风险在于，作弊主板已嵌入正规供应链——个别厂商泄露电路设计，改装板外观与原厂一致，技术人员跨区上门安装 [2]。

2.3 作弊行为的产业化特征

综合两类器具，可提炼三个产业化特征：第一，分工专业化，电子秤呈 " 芯片烧录—区域改装—网络分销 " 三段式，加油机呈 " 厂商泄密—经销商制板—技师上门 " 协作网 [2]；第二，传播加速化，新型手法借短视频平台迅速扩散；第三，反侦察常态化，预置 " 一键复位 " 功能，数秒抹除痕迹。三者叠加使得传统人工检定式监管面对芯片级、软件化作弊时已力不从心。

3 监管部门的技术防范体系建设

监管部门逐步构建起 " 物理防护—数字加密—智能监测 " 三层次技术架构。

3.1 物理防篡改技术

铅封制度是最悠久的措施。加油机对计控主板、编码器、流量计三个关键部位施加编号唯一的一次性铅封，任何损坏即视为不合格 [7]。电子秤叠加”双封签”设计 [8]。

“开壳锁机”机制将物理拆动与功能丧失绑定。新制定的型式评价大纲要求：外壳一旦被打开即自动锁定，须经授权人员输入动态密码解锁 [8]。其原理是在壳体结合处布设微动开关或导电漆回路，壳体分离触发信号，主控芯片执行锁止。

唯一性信息核查赋予每台秤具不可复制的 " 数字身份证 "，包含生产编码、维修记录等，检定机构可通过查验平台比对现场信息与出厂登记 [8]。

3.2 数字化防作弊技术

防篡改芯片技术在固件中嵌入加密校验，非法修改即触发自检锁定。未安装防篡改装置的数字指示秤不得上市。广州 " 一元锁定 " 防作弊秤将主板、传感器、显示模块通过专用加密芯片绑定，任一替换即整机锁定。

加油机领域数字化防护更为复杂。GB/T 9081-2023 引入三项核心技术：其一，软硬件协同签名——为部件分配唯一序列号并施加数字签名，任一不匹配即告警；其二，全生命周期在线校验——运行中持续校验身份合法性；其三，国密算法保护——采用 SM2/SM4 芯片存储关键参数与日志。自锁功能要求：当计量程序或关键参数被非授权变更时，加油机自动锁止 [7]。

3.3 智慧监管平台

全国电子计价秤智慧计量监管平台 2026 年 1 月试运行，汇聚生产、型式评价、检定、监管四类数据，覆盖设备全生命周期。关键数据经联盟链多节点共识后形成哈希链存证，任何单方改写均无法通过校验。

加油机领域，内蒙古 " 加油站诚信经营管理平台 " 成效突出。该平台已逆向解析二十余种作弊软件和逾百种改装主板特征，覆盖率超 85%[2]。通过在加油机部署采集装置，实时比对主板数据与显示值，偏差即预警并固化证据。该平台在区内外千余座加油站部署，协助 30 省份出具报告千余份，支撑查办案件八百余起。

4 监管制度与管理机制创新

4.1 法律法规体系的完善

《计量法》确立了对破坏计量准确度行为的禁止性规定，将环境监测与贸易结算等并列为强制检定领域 [10]。但实施细则罚款上限仅 2000 元，与动辄数百万的违法所得形成巨大反差。这一短板正在修补：2024 年《计量法》修订列为预备审议项目，草案将罚款上限提至 50 万元并可吊销证照 [3]。2025 年施行的《集贸市场计量监督管理办法》增设市场主办者连带责任，并明确消费者”退一赔三”规则 [8]。

4.2 全链条监管机制

监管从 " 查使用端 " 转向 " 贯生产—流通—使用—维修 " 全链条。对电子计价秤，监管部门建立了从型式批准到报废注销的六环节监管链条：型式批准、出厂检定、销售监管、维修管理、使用检定、监督检查 [8]。对燃油加油机，2023 年 8 月启动的全国综合治理专项行动是全链条监管理念的集中实践。2025 年起，加油机作弊和电子秤作弊被纳入”守护消费”铁拳行动常态化打击范围 [12]，标志着运动式治理向制度化监管的转变。

4.3 社会共治格局

计量器具防作弊的有效治理还依赖于社会多元主体的参与。比如，日照 " 手机变砝码 " 使投诉量降 15%[9]；浙江”浙里民生计量”扫码查检定状态 [9]；武汉某市场因多家商户使用作弊秤被处罚款 [12]；呼和浩特”你守信、我换秤”由合作银行补贴更换物联网防作弊秤 [9]。在实践中逐步形成的 " 消费者监督—市场自律—信用约束—金融激励 " 四位一体共治格局，为防作弊治理提供了更广泛的社会基础。

5 对环境监测设备防范造假的启示

5.1 环境监测设备造假现状

环境监测造假同样呈现 " 物理干预→数字篡改 " 的技术谱系。采样环节：向废水投加药剂降低 COD 读数、以达标水样替代实际水样 [25]；参数环节：修改工控机计算公式系数为负值、篡改量程与校准参数 [13]；干扰环节：在烟温传感器附加电阻使排放总量缩水。第三方运维机构系统性造假案例频发，某检测公司累计出具虚假报告 222 份，6 人被判处提供虚假证明文件罪 [14]。

5.2 计量监管经验的可借鉴性分析

烟气 CEMS 与计量器具在技术属性上高度同构，均依赖传感器采集、软件处理、通信上传。二者作弊攻击路径相似，但计量领域监管体系成熟度更高，可为 CEMS 提供参照。

第一，型式批准制度的引入。计量领域新产品须经型式批准方可生产 [10]。《强制管理计量器具目录》已将部分环境监测器具纳入，但大量在线设备仍靠生态部门”适用性检测证书”准入，约束力不及型式批准。HJ 212-2025 虽引入唯一编码和注册激活体系 [15]，尚缺型式批准的刚性审查。建议将防作弊技术审查嵌入环境监测设备定型阶段。

第二，强制检定制度的拓展。《计量法》将环境监测列为强制检定领域 [10]，但实际中大量设备未纳入目录，河南省政协提案即指出此问题。建议扩大强制检定目录，推动制定 CEMS 省级计量技术规范。

第三，铅封管理的标准化。计量领域铅封已形成统一规范。环境监测仅有山东临沂等部分地区在采样管路实施铅封 [16]，缺全国标准。《生态环境监测条例》（2026 年施行）已建立全链条追溯体系，授权通报市场监管部门联合处理 [17]，为制度对接搭建了桥梁。

第四，数字化监管的升级。 HJ 212-2025 已引入 SM4 加密和动态上报 [15]，《条例》要求视频监控联网 [17]。但尚未形成内蒙古加油机平台那样的系统化作弊特征库。建议构建集身份认证、加密传输、异常预警、作弊识别于一体的国家级智慧监管平台。

第五，" 双罚制 " 的相互借鉴。《生态环境监测条例》对机构造假实行双罚，机构最高 200 万元 + 吊销资质，个人罚款 +5 年至终身禁业 [17]，力度超越计量领域现行规定，值得《计量法》修订借鉴。

5.3 具体建议

其一，推动技术标准深度融合。以 HJ 212-2025 唯一编码为基础，引入 " 开壳锁机 " 和 " 唯一性信息核查 " 技术要求，使设备兼具物理防拆和数字防伪。在采样管路、分析仪接口推广智能铅封。

其二，建立常态化跨部门协同机制。市场监管与生态环境部门建立信息通报和联合执法：环保部门查处案件时通报市场监管追溯产销源头；市场监管部门将环境监测设备列为型式批准重点对象。共建共享作弊特征数据库。

其三，建设全国统一的 CEMS 防欺诈智慧监管平台。借鉴内蒙古经验，构建集设备身份认证、加密传输、动态监控、预警识别于一体的平台，引入机器视觉与深度学习识别造假模式，力争将发现时间从数天缩短至数小时。

6 结论

通过对电子计价秤与燃油加油机防作弊实践的系统考察，可提炼 " 技术防范筑基、制度保障立柱、智慧监管赋能 " 三位一体的治理经验。技术层面，从铅封到防篡改芯片再到智慧平台，围绕 " 提高作弊成本、降低发现难度 " 核心逻辑迭代；制度层面，从处罚提升到全链条监管再到社会共治，构建 " 不能、不敢、不想 " 长效机制；监管效能层面，使发现窗口由数周压缩至数小时。烟气 CEMS 与计量器具在技术本质和治理逻辑上高度同构，前者在型式批准、强制检定、铅封管理、智慧监管等方面存在制度性短板，计量监管的成熟经验为弥补这些短板提供了可操作的参照路径。

参考文献

[1] 新华社. 市场监管总局：2024年查处不合格电子计价秤3.6万台[EB/OL]. (2025-01-09).

[2] 新华社. 记者调查：加油机作弊何以屡禁不止[EB/OL]. (2026-01-07).

[3] 新浪财经. 大连海鲜市场”鬼秤”事件调查[EB/OL]. (2023-11-15).

[4] 人民网. 市场监管总局对江苏连云港”鬼秤”事件查处挂牌督办[EB/OL]. (2024-05-23).

[5] 央视网. 市场监管总局揭秘常见电子秤作弊方法[EB/OL]. 央视网, 2023-12-26.

[6] 中国市场监管报. 2025年”守护消费”铁拳行动第三批典型案例[EB/OL]. (2026-01-28).

[7] 河北省内丘县人民政府. 燃油加油机防作弊技术要求[EB/OL].

(2024-10-18).

[8] 法治日报（司法部智慧普法平台）. 电子计价秤防作弊监管举措[EB/OL]. (2025-01-24).

[9] 中国市场监管报. 计量智慧监管的地方实践[EB/OL]. (2026-01-22).

[10] 中华人民共和国计量法[Z]. 1985年颁布, 2018年修正.

[11] 国家市场监督管理总局. 综合治理加油机作弊专项行动成果[EB/OL]. (2024-05).

[12] 人民网. 2025年”守护消费”铁拳行动典型案例[EB/OL]. (2026-02-13).

[13] 生态环境部. 排污单位自动监测数据弄虚作假典型案例（第十五批）[EB/OL]. (2023-08-14).

[14] 中国青年网. 最高人民法院公布环境监测造假典型案例[EB/OL]. (2025-06-05).

[15] 中国环境网. 新标准出台严防数据造假！污染源自动监测将迎来数智化大升级[EB/OL].

[16] 临沂市生态环境局. 自动在线监控设备采样管路铅封管理要求[EB/OL].

[17] 生态环境监测条例[Z]. 国务院令第820号, 2025-10-31公布, 2026-01-01施行.