

停车场计时收费系统远程计量的方法研究

邹超 贾永国 郭建文 李新声 周飞

陕西省计量科学研究院 陕西 西安 710060

摘要: 本文针对停车场计时收费系统的远程计量问题,结合 JJF2241-2025《电子停车计时收费表校准规范》,提出了一种基于物联网技术的远程计量方法。该方法通过集成高精度计时模块、车牌识别系统和远程数据传输技术,实现了停车场计时收费系统的远程校准和监管。研究表明,该方法能够有效提高计时收费系统的准确性和可靠性,为停车场运营管理提供了新的解决方案。本文详细阐述了系统的设计原理、远程计量方法、JJF2241-2025《电子停车计时收费表校准规范》的应用以及系统实现与验证,为停车场计时收费系统的标准化和智能化发展提供了理论依据和实践指导。

关键词: 停车场; 计时收费; 远程计量; JJF2241-2025; 物联网; 检定规程

引言

作为停车场的“主角”——停车计时收费装置,是道路或场地停车系统的计时收费终端,是消费者进行贸易结算的数据来源,因此,其准确性直接关系到广大人民群众的利益。随着我国机动车保有量持续增长,城市停车设施规模不断扩大,路内停车、商业综合体停车场、小区配套停车场等各类停车场景全面普及,计时收费装置已成为城市公共计量器具的重要组成部分。按照 JJF2241-2025《电子停车计时收费表校准规范》国家计量检定规程,可通过计量检定部门对停车场电子计时收费系统进行检定,以保证停车计时收费系统的数据准确、稳定、可信。但随着我国科技的发展,图像识别的精度提高,传统计量方法容易受到天气、照度、摄像头灵敏度、现场车辆的通行等问题的制约,现场检定有很大的制约性,时间量传的准确度有一定的误差。

传统现场检定模式需要计量人员携带标准设备前往停车场现场,逐台、逐点开展校准工作,不仅耗时费力、效率低下,还难以实现对全市范围内大量停车计时设备的全覆盖、周期性监管。部分偏远区域、封闭管理园区、多楼层立体车库等场景,现场检定的可达性与时效性更差。同时,现场检定易受外部环境干扰,光照不足、雨雪天气、车流量高峰等因素都会影响触发信号稳定性与识别准确率,导致计时起点、终点记录偏差,进而影响时间量传的一致性与准确性。在实际检定工作中,传统方式往往只能做到抽查式检定,无法实现全时段、全设备、全场景的有效监管,难以满足现代城市停车管理规范化、透明化、数字化的要求。

为了减少检定校准中的不确定性,深入数字计量的研究,将现代信息技术、计量自动化校准技术以及网络

通信技术相结合,利用“时间同步”原理对停车场计时计费系统的计量管理及远程比对,远距离对停车场计时计费系统进行计量管理。依托物联网、高精度时间同步、无线通信与云平台技术,构建非接触式、网络化、自动化的远程计量体系,能够突破现场检定的空间限制,实现全天候、不间断、批量式校准与监测,既符合 JJF2241-2025 对电子停车计时收费表的计量要求,又能适应智慧停车与数字城市建设的发展趋势,对提升民生计量监管能力、保障消费公平、推动停车行业规范化运营具有重要现实意义。

1 原理

现在的停车计时计费装置多以地感线圈触发摄像头拍照的感应方式和视频检测车牌自动识别技术触发摄像头拍照的方式。两种触发模式共同构成当前主流停车场入场与出场检测体系,分别适用于不同路面条件、车流量与建设成本场景。

地感线圈触发模式是停车场计时计费装置中重要的方式之一,地感感应的灵敏度直接影响是否可以触发摄像头拍照及道闸的正常起落杆。其原理是将多匝导线埋于地表的圆弧型沟槽,形成电感线圈,产生磁场,车辆本身是金属铁质,车辆进入、会发生电磁感应原理、改变线圈内的磁通,从而引起电感电流的变化,产生电流信号、电流信号传递停车场电气控制系统、实现停车场电气自动化控制的逻辑运行关系,完成停车场道闸的开启与关闭。该模式技术成熟、成本较低、抗干扰能力较强,在传统水泥路面、车流量稳定的小区与商业停车场应用广泛。但地感线圈需要破路施工,后期维护难度大,长期使用易因路面沉降、碾压导致线圈破损,引发漏触发、误触发问题,影响计时起点的准确性。一旦触

发时刻出现偏差, 停车时长计算就会产生系统误差, 直接影响收费公平性。

而更加科技化的视频检测车牌自动识别技术(无地感线圈感应), 原理是利用摄像头视频识别车辆动态行驶过程, 从而进行车牌号码、车牌颜色的识别, 并通过脉冲频率触发拍照功能, 从而避免破坏部分路面, 相比之下, 无地感线圈的灵敏度及准确度有了很大提高。视频检测依托 AI 图像算法与连续帧分析, 可实现车辆驶入、驶离的精准判定, 不受路面结构限制, 安装与维护便捷, 在新建智慧停车场、路内停车泊位中快速普及。其触发时刻由算法直接标记, 时间一致性更好, 更适合远程计量系统的高精度时间比对。同时, 视频检测方式能够记录完整车辆图像信息, 便于后续数据追溯、异常核查和监管取证。

无论进行上述哪种方式停车, 其原理都是通过配合计算机处理和存储相关的记录信息, 在车辆通过停车场入口、出口时分别记录一次时刻信息, 根据时刻信息计算出停车所用的时长, 及时间间隔, 并依据费率实现收费管理运营。停车时长的计算本质是对两个时刻点之间时间间隔的测量, 时刻采集的准确性、系统时钟的稳定性、数据传输的实时性, 共同决定最终计费结果的可信度, 这也是远程计量方法需要重点保障与校准的核心环节。只有实现对进场时刻、出场时刻、系统时钟、计费逻辑的全面远程监测, 才能真正实现停车计时收费系统的全流程、可溯源、可校准、可监管^[1]。

2 计量检定方法研究

停车场计时收费系统远程计量方法的核心思想是通过物联网技术实现计时数据的实时采集、传输和分析。系统主要由三个部分组成: 数据采集层、网络传输层和远程监管平台。数据采集层包括高精度计时模块、车牌识别摄像头和环境传感器, 负责采集车辆进出场时间、车牌信息和环境参数。网络传输层采用 4G/5G、LoRa 等无线通信技术, 实现数据的可靠传输。远程监管平台则负责数据的存储、分析和可视化, 并提供远程校准功能。三层架构协同工作, 形成“现场采集—网络传输—云端计量—远程校准”的闭环体系, 满足 JJF2241-2025 对电子停车计时收费表的全项目校准要求^[2]。

3 参照 JJF2241-2025《电子停车计时收费表校准规范》国家计量校准规范计量特性要求, 对时刻误差及时间间隔测量误差进行检测

JJF2241-2025 作为现行电子停车计时收费表专用国家计量技术规范, 明确规定了显示时刻误差、时间间隔误差、同步误差等关键计量特性的限值与校准方法。远

程计量方法严格遵循规范要求, 通过网络交互与标准时间比对, 实现对被校装置的全自动、高精度检测, 检测流程、计算公式、结果判定均与规范保持一致, 确保远程计量结果与现场检定结果具有等效性与溯源性。远程计量方法通过数字化手段实现了传统人工检定无法完成的连续监测、自动补偿、批量校准, 是数字计量在民生领域的典型应用。

3.1 时刻误差校准

用标准授时时间服务器与被校计时计费装置时钟进行对时并记录, 校准过程如下: a). 数据采集客户端向平台发出请求, 询问平台是否允许被校计时计费装置开始当前时刻校准; b). 平台应答允许校准; c). 数据采集客户端向平台发起当前时刻上传请求; d). 平台记录自身当前时刻 t_1 , 并即刻告知数据采集客户端; e). 数据采集客户端向平台发送被校计时计费装置的当前时刻 t_2 ; f). 平台接收 t_2 信息并记录。

当前时刻误差 Δt 由下式计算: $\Delta t = \max \{ \Delta t_1, \Delta t_2 \}$

式中: Δt —— 当前时刻误差, s; Δt_1 —— 第一次测量的当前时刻误差, s; Δt_2 —— 第二次测量的当前时刻误差, s。

Δt_1 由下式计算: $\Delta t_1 = t_2 - t_3 + \delta$

式中: t_2 —— 电子停车计时收费装置收到消息后自身的当前时刻时钟读数, s; t_3 —— 平台标准时间服务器收到消息后自身的当前时刻时钟读数, s。

Δt_2 由下式计算: $\Delta t_2 = t_2 - t_1 - \delta$

式中: t_1 —— 平台标准时间服务器发出“当前时刻”检测通知时自身当前时刻时钟读数, s; t_2 —— 电子停车计时收费装置收到消息后自身的当前时刻时钟读数, s。

网络时延补偿: 标准时间服务器与电子停车计时收费装置一次交互通信的网络时延按下式计算: $\delta = t_3 - t_1$

式中: δ —— 标准时间服务器与电子停车计时收费装置一次交互通信的网络时延, s; t_1 —— 平台标准时间服务器发出“当前时刻”检测通知时自身当前时刻时钟读数, s; t_3 —— 平台标准时间服务器收到消息后自身的当前时刻时钟读数, s。

通过实时计算并补偿网络时延, 可有效消除 4G/5G、以太网等传输链路带来的时间偏差, 保证远程时刻误差测量结果接近实验室校准水平, 满足 JJF2241-2025 对时刻误差的测量精度要求^[3]。网络时延补偿是远程计量方法的关键技术, 能够有效降低通信链路带来的系统误差, 提高远程校准的可靠性与一致性。

3.2 时间间隔校准

时间间隔校准包括被校计时计费装置的时钟日差校

准和停车计时误差校准。用标准时间服务器与被校计时计费装置时钟进行对时并记录,校准过程如下:a)数据采集客户端向平台发出请求,询问平台是否允许被校计时计费装置开始时间间隔校准;b)平台应答允许时间间隔校准;c)数据采集客户端向平台发起当前时刻上传请求;d)平台记录授时服务器当前时刻 ts_1 ,并记录数据采集服务器;e)数据采集客户端向平台发送被校计时计费装置的当前时刻 tm_1 ;f)平台接收 tm_1 信息后将距离校准结束的时间发送数据采集客户端;g)数据采集客户端在距离时间间隔校准结束前发送当前时刻上传请求;h)数据采集客户端向平台发送被检装置的当前时刻 tm_2 ;i)平台接收到 tm_2 后停止计时,记录自身的当前时刻 ts_2 ,进行解析和计算一次时间间隔 Δt 。j)重复上述步骤,并取平均值,以减小随机误差影响,提升测量结果可靠性。

停车计时误差 Δt 按公式计算: $\Delta t = T - T_0$

式中: Δt —— 停车计时误差, s; T —— 被校计时计费装置显示的停车时间, s; T_0 —— 平台标准时间服务器显示的实际停车时间, s。

时间间隔校准模拟车辆真实入场到出场的全流程计时逻辑,能够全面反映被校装置在实际使用状态下的计时性能,是判断设备是否合格的关键指标。远程模式支持短间隔、长间隔、跨天间隔等多种时长校准,覆盖日常停车全场景,校准结果可直接用于设备合格判定与周期管理。通过多次测量取平均值的方式,可有效降低环境扰动、信号抖动、瞬时干扰等因素带来的随机误差,提高测量结果的准确性与重复性。

4 系统实现与验证

在系统验证阶段,选取不同类型停车场设备开展对比试验,分别采用传统现场检定与本远程计量方法同步检测,对时刻误差、时间间隔误差、网络时延补偿效果等指标进行比对。试验结果表明,远程计量结果与现场

标准设备测量结果的偏差小于规范允许限值,测量重复性良好,能够稳定满足 JJF2241-2025 规定的计量要求。在恶劣天气、高峰车流量等复杂条件下,远程方法仍能保持稳定测量,不受现场环境制约^[4],整体可靠性优于传统人工检定。试验同时验证了系统在长时间连续运行下的稳定性,时钟漂移控制、数据补传机制、异常告警功能均达到设计要求。

结语

本研究提出的基于 JJF2241-2025 的停车场计时收费系统远程计量方法,有效解决了传统现场检定方法存在的效率低、覆盖面有限、受环境干扰大、人工成本高等问题。通过集成高精度计时模块、车牌识别系统和远程数据传输技术,构建物联网架构下的全自动远程计量体系,实现了停车场计时收费系统的远程校准和监管。研究表明,该方法能够显著提高计时收费系统的准确性和可靠性,为停车场运营管理提供了新的解决方案。

未来研究可进一步探索系统在大型停车场群中的应用,以及与城市智能交通系统的深度融合,实现停车数据、交通流量、计量监管信息互联互通。同时,随着 5G 技术的普及和人工智能技术的发展,系统在实时性、智能化方面还有很大的提升空间,可通过 AI 算法优化时延补偿、异常识别、误差预测等功能。此外,如何更好地利用停车大数据,结合远程计量结果开展设备寿命预测、费率优化、拥堵治理等研究,为城市规划和交通管理提供决策支持,也是值得深入研究的方向。

参考文献

- [1]GB/T 19056-2012《机动车停车计时收费表》
- [2]JJF2241-2025《电子停车计时收费表校准规范》
- [3]GA/T 761-2008《停车计时收费系统技术规范》
- [4]邓兵 张宇 龙波 黄徐瑞晗. 停车场自动计时计费装置检定方法探讨 [J]. 计量与测试技术, 2020,47 (06):51-53.