

收费站和收费车道智能化系统研发及应用

张 静

陕西交控运营公司榆靖分公司王则湾收费站 陕西 榆林 719000

摘要: 本文聚焦收费站和收费车道智能化系统的研发与应用。阐述传统收费方式存在的问题,如效率低、易拥堵、成本高、服务质量差等。详细介绍智能化系统研发中的关键技术,包括人工智能识别技术、智能识别技术、大数据与云计算技术等。分析系统架构设计,涵盖“云—边—端”一体化协同架构等。探讨系统在提升通行效率、降低运营成本、优化用户体验等方面的应用效果。通过实际案例展示智能化系统的优势,最后对未来发展趋势进行展望,为智慧收费站建设提供参考。

关键词: 收费站; 收费车道; 智能化系统; 研发应用

引言: 随着我国经济快速发展、城市化进程加速,汽车保有量持续增加,高速公路通行需求不断增长。收费站作为高速公路重要构成,其收费效率与服务质量关乎道路通行能力及用户出行体验。但传统收费方式问题颇多,像人工收费效率低、现金交易有安全隐患、车辆排队缴费易拥堵等,难以契合现代交通发展需求。在此情形下,收费站和收费车道智能化系统借助人工智能、物联网等信息技术,实现收费自动化与智慧化管控,对提升通行效率、降低运营成本及推动智慧交通建设意义重大。

1 传统收费方式存在的问题

1.1 收费效率低下

传统人工收费模式依赖于收费员执行肉眼车型判别、通行费手工计算、现金收取与找零等一系列串行操作,每个环节均引入毫秒级至秒级不等的固定延迟。统计数据显示,单车平均处理时间通常在15至30秒之间,高峰时段甚至更长。这种低效的处理机制导致车辆在收费站前形成排队队列,尤其在节假日或通勤高峰期间,排队长度可延伸至数百米乃至主线路段。长时间等待不仅降低了驾驶员的通行体验,更直接制约了高速公路的区间通行能力,使其成为整个路网中的关键瓶颈节点,诱发区域性交通拥堵。

1.2 运营成本高昂

传统收费系统的运营成本由人员薪酬、设备维护、票证管理等多方面构成,且呈现持续攀升趋势。以三班倒配置的中型收费站为例,单条车道通常需要4至6名收费员轮值,人力成本占据运营总支出的60%以上。随着最低工资标准与社会保障缴费基数逐年上调,这一支出刚性增长。同时,收费亭内工控机、栏杆机、票据打印机、费额显示器等设备长期处于高频率启停与连续运转

状态,故障率较高,每年需投入大量资金用于备件更换与专业维修。此外,纸质票据的印制、仓储、核销也带来额外的管理成本与资源浪费^[1]。

1.3 车辆拥堵问题严重

在交通流量饱和或突发性车流高峰时段,传统收费站的通行能力难以匹配主线道路的车辆到达率,导致排队溢流现象频繁发生。车辆长时间怠速或频繁启停不仅显著增加燃油消耗与尾气排放,还放大了驾驶员的时间成本与焦虑情绪。更为严重的是,排队尾端若延伸至高速公路主线,后方高速驶来的车辆因视距不足或反应不及,极易引发追尾、连环碰撞等恶性交通事故。因此,收费拥堵不仅是通行效率问题,更构成了交通安全与生态环境的双重隐患。

1.4 服务质量参差不齐

传统收费方式的服务质量高度依赖于一线收费人员的业务熟练度、情绪稳定性与服务意识,存在显著的个体差异与不可控因素。部分收费员在长时间重复劳动后易出现疲劳、注意力分散乃至态度冷漠,对驾驶员的问询缺乏耐心,甚至因计费分歧或找零误差与司乘人员发生口角冲突,严重影响窗口形象。此外,传统系统的信息反馈通道单一,驾驶员无法在进入收费站前获知车道占用状态、排队长度或临时管制信息,也难以事后对服务问题进行有效投诉与追溯。这种信息不对称与服务非标准化共同降低了用户满意度,制约了高速公路运营管理部门的品牌建设。

2 收费站和收费车道智能化系统研发的关键技术

2.1 人工智能识别技术

人工智能识别技术是智慧收费站实现自动化收费与精准稽核的核心支撑,主要包括基于深度学习的车型识别、车牌识别与行为分析三大方向。在车型识别方面,

系统采用深度卷积神经网络对车辆图像进行端到端的特征提取与分类,能够自动判别客车座位数、货车轴数及轴型等关键参数,从而精准确定适用收费标准,从源头上避免人工判断可能产生的误差与收费争议。在车牌识别方面,融合目标检测算法与字符序列识别网络,在雨雪雾霾、逆光、夜间低照度等复杂环境下仍能保持99%以上的识别准确率。在行为分析方面,系统利用视频智能分析算法对收费广场区域的车辆轨迹、停留时间、异常变道等行为进行实时监测与预警,为特情处置与稽核取证提供智能化手段。

2.2 智能识别技术

智能识别技术主要包括多源传感器融合识别与车辆特征比对两大分支,是实现收费自动化与稽核精准化的基础感知手段。多源传感器融合识别技术综合运用高清摄像机、激光雷达与毫米波雷达等设备,从不同角度同步捕获车辆行驶过程中的外观轮廓、三维尺寸及运动状态信息,通过多模态数据关联与融合算法,生成高精度的车辆数字化档案。该技术能够在车速高达120公里/小时的条件下精确捕获车辆全貌,并针对雨雪雾霾、逆光等复杂环境,通过动态曝光调节与图像增强算法保证识别结果的稳定性和可靠性。车辆特征比对技术则提取车标、年检标识、车内饰品等细微特征构建车辆唯一性指纹,用于套牌车识别与逃费嫌疑车辆的精准追踪,有效弥补单一识别手段的不足。

2.3 大数据与云计算技术

大数据与云计算技术在收费站智能化系统中发挥着从感知到决策的枢纽性作用,推动收费管理由经验驱动向数据驱动转型。在数据采集层面,系统汇聚车辆通行流水、抓拍图像、交易日志、车道设备状态等多源异构数据,构建覆盖每一辆过车行为的全息数据档案。在此基础上,利用大数据清洗、关联分析与挖掘技术,为每一辆车构建动态更新的车辆画像,涵盖行驶轨迹、通行频次、缴费习惯、稽核标签等特征,为道路收费稽核、逃费嫌疑筛查等业务提供精准的数据支撑。云计算平台提供弹性的计算资源与存储能力,支撑海量数据的实时处理与长期归档,同时支持收费业务上云部署,实现站级系统与省中心、部中心之间的数据互通与业务协同^[2]。

2.4 智能收费机器人技术

智能收费机器人技术将人工智能交互、自动化控制与云端协同能力集成于一体,为各类通行车辆提供高效、无人化的自助收费解决方案。智能收费机器人通常安装于收费岛头或岛中区域,集成了语音交互引导、自助扫码缴费、电子发票开具、通行记录查询及远程呼

叫求助等多项功能。在自助缴费环节,驾驶员只需按照语音提示与触摸屏动画指引完成扫码、刷卡或输入车牌号等简单操作,即可在15至30秒内完成全部支付流程,无需排队等待收费员逐一处理,显著缩短了异常车道的占用时间。支付方式方面,机器人全面支持微信支付、支付宝、银联云闪付等多种渠道,充分满足不同驾驶员群体的支付偏好与应急需求。同时,系统内置的远程值守功能使一名客服人员可同时响应多个站点的求助请求,大幅降低现场人力配置需求。

3 收费站和收费车道智能化系统架构设计

3.1 “云一边一端”一体化协同架构

智慧收费站通常采用“云一边一端”一体化协同架构实现收费业务与设备控制、业务管理的分离与协同。在云侧,对收费业务进行上云处理,基于云计算平台实现收费服务、运维监测、数据汇聚、移动支付、运营管理、远程值守、称重检测等功能,支撑全省乃至全国范围的业务协同与数据共享。在边侧,部署边缘计算节点对车道级数据进行实时处理与本地决策,对通信链路进行冗余设置,确保数据传输的稳定性和可靠性,同时在网络中断时仍能维持车道基本通行功能。在端侧,实现对收费车道、智能收费机器人、匝道预交易系统、自助终端等设备的集中管理与控制,同时与省中心、部中心相关业务进行交互,满足用户的访问需求。这种架构能够提高系统的可扩展性和灵活性,便于系统的维护和升级^[3]。

3.2 系统功能模块设计

收费站和收费车道智能化系统主要包括车道智能收费系统、站级智慧管理系统和辅助支撑系统三大部分。车道智能收费系统完成收费车道运营管理工作,基于人工智能识别技术实现车辆自动识别、计费、支付、放行等功能,支持无人化值守与远程特情处置。站级智慧管理系统为车道收费系统提供服务支撑,完成特情处理、远程操作、收费数据统计、收费辅助等功能,管理人员可通过可视化看板实时掌握全站运营状态。辅助支撑系统基于新一代信息技术,实现人、车、事件的智能监管,收费数据多维度统计分析,设备健康度预测性维护等,为收费站的智慧化管理提供全面支持。

4 收费站和收费车道智能化系统的应用效果

4.1 提升通行效率

以人工智能识别技术为例,它借助深度学习算法实现了车辆身份与车型参数的毫秒级自动判别,当车辆驶入智能车道时,系统能在瞬间完成车辆检测、特征提取、计费决策与放行控制等一系列操作,整个过程极为流畅,车辆平均通行时间可大幅缩短至5秒以内。与传统

人工收费方式相比,人工收费需要收费员进行车辆类型判断、收费计算、现金收取与找零等多个繁琐环节,每个环节都需耗费一定时间,导致车辆通行时间较长。而人工智能识别技术的应用使通行效率提高了3至5倍。智能收费机器人和匝道预交易系统的应用也成效斐然。智能收费机器人让非人工车道也能高效完成缴费操作,匝道预交易系统则提前完成部分收费流程,减少了车辆在收费站的停留时间,有效缓解了收费站拥堵问题。

4.2 降低运营成本

在人力成本方面,智能化系统大幅减少了收费人员的数量。以往,收费站需要配备大量收费人员来应对不同时段的收费工作,人工成本占据了运营成本的大部分。而采用智能化系统后,多数收费流程实现了无人化自动处理,对人工的依赖程度大幅降低。例如,某收费站在采用智能收费机器人与远程值守系统后,现场收费人员由原来每班次4人减少至1至2人,在车流量较少的状态下,可进一步实现全无人化值守,其中一名后台客服人员可同时响应多个站点的求助请求,大大节省人工开支。在设备成本方面,智能物联网关与设备集成化的应用发挥重要作用。通过将多个设备功能集成于一体,减少设备数量,降低设备采购成本。同时,集成化设备的设计更加优化,运行更加稳定,减少设备故障的发生频率,从而降低了设备维护成本,提高设备的执行效率,进一步为收费站节约运营成本。

4.3 优化用户体验

智能化系统为用户带来了更加便捷、高效、安全的缴费服务体验,全方位优化了用户的出行感受。无接触式智能收费是智能化系统的一大亮点,它避免了现金交易带来的诸多问题。现金交易不仅存在现金丢失、被盗的安全隐患,而且在找零过程中容易出现纠纷,影响缴费效率和用户体验。而无接触式智能收费通过移动支付手段,让用户无需与收费人员进行现金接触,提高了收费的准确度和效率,保障了用户的资金安全^[4]。智能收费机器人的引入也是智能化系统优化用户体验的重要举措。它支持多种支付方式,如微信支付、支付宝、银行卡支付等,满足了不同用户的支付习惯和需求,同时配备语音引导与动画演示功能,即使首次使用的用户也能轻松完成操作。另外,智能化系统还提供了实时路况信

息、收费信息查询等服务。用户可以通过相关渠道及时了解道路拥堵情况和收费标准,方便规划出行路线和了解收费情况,从而合理安排行程,提升了用户的满意度。

4.4 提高管理水平

通过大数据分析和人工智能算法,管理人员可以实时、准确地掌握收费站的运营状态。系统能够收集和整合交通流量、车辆通行记录、收费金额、设备运行状态、特情处置记录等多方面的数据,并以直观的图表和报表形式呈现给管理人员。这些数据为管理决策提供了科学依据,使管理人员能够根据实际情况及时调整收费策略、优化车道布局、合理安排人员值班等。同时,智能化系统还具备设备健康度预测与故障预警功能。它能够基于人工智能算法实时监测设备的运行状态参数,一旦发现设备出现异常趋势或故障隐患,系统会立即发出预警信号,并通知维护人员进行处理。维护人员可以根据系统提供的详细故障信息,快速定位故障原因,及时进行维修,降低设备故障对收费站运营的影响,确保收费站的正常运行。

结束语

收费站和收费车道智能化系统的研发应用,是解决传统收费问题、提升高速通行效率、降低成本、优化体验及提高管理水平的有效之举。未来,随着5G、人工智能大模型及车路协同等新技术的发展,系统将向更智能、更自动、更无人化的方向演进,如实现自由流无感收费、利用区块链保障数据安全与交易可信、基于数字孪生实现收费站全息管控等。此外,还需完善标准规范以促进系统互联互通与产业协同发展。

参考文献

- [1]邓翔,黄勇,彭荣,等.收费站和收费车道智能化系统研发及应用[J].运输经理世界,2025(9):68-71.
- [2]叶俊,贾训,傅志明.高速公路标准化、数字化、智能化收费站建设探究[J].中国交通信息化,2022,277(12):104-108.
- [3]黄陈,贺崇文,岳劲,等.收费站车道外设IP化管控技术探究[J].中国交通信息化,2025(5):136-139.
- [4]郭庆雷,段平平,李栋,等.基于云计算的高速公路车道智能收费机器人控制系统设计[J].中国交通信息化,2025(4):78-80,100.