

基于ETC技术的城市智慧停车系统优化研究

赵乐 程宇佳

陕西高速公路工程试验检测有限公司 陕西 西安 710086

摘要：本论文围绕城市停车难题，探究ETC技术在智慧停车系统中的应用与优化。系统剖析ETC技术的工作原理、优势及适配性，通过调研揭示现有系统存在设备兼容性差、用户推广不足、数据管理低效、安全防护薄弱等问题。针对性提出技术升级、运营管理改进、数据治理强化、安全体系完善等优化策略，并展望其与智慧城市融合、功能创新、技术升级等发展趋势。研究成果将为提升智慧停车系统效率、缓解停车矛盾、推动智慧城市建设提供理论与实践支撑。

关键词：ETC技术；城市智慧停车系统；系统优化；智慧城市；停车管理

引言：随着城市化快速推进与汽车保有量激增，城市停车矛盾愈发尖锐。传统停车场缴费缓慢、管理粗放，加剧交通拥堵，造成资源浪费，严重制约城市高效运行。智慧停车系统依托信息技术整合资源，成为破局关键，而ETC技术凭借非接触式交易、快速通行优势，为其升级注入新动能。应用ETC技术可实现停车缴费自动化，提升通行效率、优化资源配置，但在实际推广中，面临设备兼容难、用户接受度低、数据价值未充分挖掘等困境。深入研究其优化策略，对提升停车管理水平、推动智慧城市建设意义深远，本文将系统剖析相关问题并提出解决方案。

1 ETC 技术在城市智慧停车系统中的应用基础

1.1 ETC技术的工作原理与核心构成

ETC技术基于DSRC（专用短程通信）技术，通过车载单元（OBU）与路侧单元（RSU）之间的无线通信实现车辆身份识别与自动收费。其核心构成包括安装于车辆挡风玻璃上的车载单元，内置智能芯片与天线，存储车辆用户信息；部署在停车场出入口的路侧单元，负责与车载单元进行数据交互、交易处理及信息传输；以及后台管理系统，用于数据存储、分析与系统运营管理。当车辆驶入ETC车道时，车载单元与路侧单元建立通信连接，路侧单元读取车载单元内的车辆信息与账户余额，完成身份验证后，自动扣除停车费用，并控制道闸开启，实现车辆不停车快速通行。整个交易过程无需人工干预，交易时间仅需0.3~0.5秒，相比传统人工收费效率提升数倍。

1.2 ETC技术应用于城市智慧停车系统的优势

ETC技术应用于城市智慧停车系统，具有显著的效率提升优势。（1）在交通高峰期，传统停车场出入口常因排队缴费造成车辆拥堵，而ETC系统可使车辆快速通过，减少等待时间，缓解周边道路通行压力。某城市商

业中心停车场引入ETC技术后，出入口平均通行效率提升60%，高峰时段排队车辆减少约70%，有效改善了区域交通微循环^[1]。（2）从管理成本角度，ETC系统实现了收费自动化，减少了人工收费岗位需求，降低了人力成本；同时系统自动记录车辆进出信息与缴费数据，避免了人工计费可能出现的差错，提高了收费准确性与管理效率。（3）ETC技术通过对车辆停车数据的采集，为停车场运营方提供了车位使用频率、高峰时段分布等信息，有助于优化车位资源配置，提升停车场运营效益。

1.3 ETC技术与城市智慧停车系统的适配性

城市智慧停车系统的核心需求在于实现便捷停车、高效管理与资源优化，ETC技术的特性与这些需求高度适配。其非接触式交易方式符合现代城市快节奏生活需求，为车主提供便捷的停车缴费体验；同时ETC系统可与停车场管理系统、智慧城市数据平台无缝对接，实现数据共享与协同管理。在技术层面，ETC技术采用的DSRC通信协议具有高可靠性、低延迟的特点，能够适应停车场复杂的电磁环境，确保交易稳定性；其加密算法保障了用户信息与交易数据的安全，满足城市智慧停车系统对信息安全的要求。另外ETC用户基数庞大，截至2023年底，我国ETC用户总量已超3亿，将其引入城市停车场景，可有效降低用户使用门槛，加速智慧停车系统的普及。

2 现有基于 ETC 技术城市智慧停车系统问题分析

2.1 设备兼容性与系统集成问题

目前基于ETC技术的城市智慧停车系统存在设备兼容性差的问题。（1）不同厂商生产的ETC设备在通信协议、数据格式等方面存在差异，导致部分停车场设备无法与现有ETC系统实现互联互通。某城市在推广ETC停车系统时，因不同停车场设备标准不统一，出现部分车辆在某些停车场无法正常识别或缴费失败的情况，影响

用户体验,也增加了运营维护成本。(2)在系统集成方面,ETC停车系统与停车场原有管理系统、智慧城市平台之间的集成难度较大。许多停车场的计费系统、车位引导系统与ETC系统相互独立,数据无法共享,无法实现停车资源的统一管理调度。另外部分城市智慧停车平台缺乏对ETC数据的有效整合,无法充分发挥ETC技术在数据采集与分析方面的优势。

2.2 用户推广与接受度问题

尽管ETC用户基数庞大,但在城市停车场景中的应用普及率较低。(1)车主对ETC停车功能认知不足,不了解其便捷性与优势,导致使用意愿不高;(2)部分停车场未全面开通ETC收费功能,或ETC车道设置不合理,如车道数量不足、标识不清晰等,影响用户使用体验,进一步降低了用户参与度^[2]。在推广过程中,缺乏有效的宣传引导与激励措施也是制约用户普及的重要因素。多数城市仅通过简单的公告或通知进行推广,未针对车主需求开展多样化的宣传活动;同时未出台相关优惠政策或奖励机制,无法吸引车主主动使用ETC停车服务。

2.3 数据管理与应用问题

现有ETC停车系统在数据管理方面存在诸多不足。(1)数据采集维度单一,主要集中于车辆进出时间、缴费金额等基础信息,缺乏对车辆停留行为、车位使用偏好等深度数据的采集,难以满足停车场精细化管理与城市交通规划的需求。(2)数据存储分散,不同停车场的ETC数据存储在各自己的系统中,未实现统一管理共享,形成数据孤岛,阻碍了数据价值的挖掘。(3)在数据应用层面,缺乏有效的数据分析模型与算法,无法对采集的数据进行深度分析与挖掘。停车场运营方难以通过数据优化车位调度、制定合理的收费策略;城市管理部门也无法利用ETC停车数据辅助交通规划与决策,限制了智慧停车系统对城市交通管理的支撑作用。

2.4 安全与隐私保护问题

ETC停车系统涉及用户敏感信息,如车辆信息、账户余额等,信息安全风险不容忽视。部分系统存在安全漏洞,可能遭受黑客攻击,导致用户信息泄露或资金损失。此外在数据传输与存储过程中,若加密措施不到位,数据易被窃取或篡改。在隐私保护方面,部分停车场运营方过度收集用户信息,且未明确告知用户信息使用目的与范围,侵犯用户隐私权。并且缺乏完善的隐私保护监管机制,用户在信息安全受损时难以获得有效的法律保障。

3 基于ETC技术的城市智慧停车系统优化策略

3.1 技术升级与设备标准化

针对设备兼容性问题,应制定统一的ETC停车设备技术标准,规范通信协议、数据格式等关键参数,推动不同厂商设备的互联互通。鼓励停车场运营方对现有设备进行升级改造,采用符合标准的ETC设备,确保系统稳定性与兼容性。同时加强系统集成技术研发,开发通用的数据接口与中间件,实现ETC停车系统与停车场管理系统、智慧城市平台的无缝对接。例如可借鉴高速公路ETC联网收费模式,建立城市级ETC停车系统集成平台,将分散的停车场ETC数据进行统一管理调度,实现全市停车资源的互联互通与协同管理。

3.2 运营管理与用户体验提升

加强ETC停车功能的宣传推广,通过线上线下多渠道宣传,如社交媒体、交通广播、停车场现场宣传等,向车主普及ETC停车的便捷性与优势。开展用户培训活动,指导车主如何使用ETC停车服务,解决使用过程中遇到的问题。优化停车场ETC车道设置,合理增加车道数量,完善车道标识与引导系统,确保车辆快速通行^[3]。推出多样化的优惠政策与激励措施,如停车费打折、积分兑换礼品等,吸引车主使用ETC停车服务。同时建立用户反馈机制,及时收集用户意见与建议,持续改进服务质量,提升用户满意度。

3.3 数据治理与价值挖掘

完善ETC停车系统的数据采集体系,增加车辆停留行为、车位使用频率等维度的数据采集,构建全面的停车数据库。建立统一的数据存储与管理平台,整合分散在各停车场的ETC数据,打破数据孤岛。运用大数据分析、人工智能等技术,对采集的数据进行深度挖掘与分析。为停车场运营方提供车位优化调度、动态定价策略等决策支持;为城市管理部门提供交通流量预测、停车需求分析等数据服务,辅助城市交通规划与管理。例如,通过分析ETC停车数据,识别城市停车热点区域与高峰时段,为新建停车场选址与现有停车场扩容提供依据。

3.4 安全防护与隐私保护强化

加强ETC停车系统的安全防护,采用先进的加密算法与安全认证技术,保障数据传输与存储的安全性。定期对系统进行安全漏洞扫描与修复,防范黑客攻击与数据泄露风险。建立安全应急响应机制,在发生安全事件时能够快速响应、及时处置。在隐私保护方面明确用户信息收集、使用与共享的范围与规则,遵循最小必要原则,避免过度收集用户信息。加强对停车场运营方的监管,要求其严格遵守隐私保护相关法律法规,对违规行为进行严肃处罚。同时,完善用户隐私保护法律体系,为用户提供法律保障。

4 基于ETC技术的城市智慧停车系统发展趋势

4.1 与智慧城市系统的深度融合

未来,基于ETC技术的城市智慧停车系统将与智慧城市其他子系统实现深度融合。通过与交通管理系统对接,实时获取道路拥堵信息,为车主提供最优停车路线规划;与公共交通系统协同,实现停车与公共交通的无缝衔接,鼓励绿色出行。同时,将ETC停车数据纳入智慧城市大数据平台,与城市人口、经济、环境等数据进行关联分析,为城市综合治理提供全面的数据支持。例如,在城市交通拥堵治理中,结合ETC停车数据与交通流量数据,优化道路资源配置,调整交通信号控制策略,缓解交通拥堵。

4.2 功能拓展与服务创新

ETC停车系统功能将不断拓展,除基本的停车缴费功能外,将向停车诱导、共享停车、车位预订等领域延伸。通过整合城市停车资源,建立共享停车平台,实现车位错时共享,提高车位利用率;开发车位预订功能,车主可通过手机APP提前预订车位,提升停车便利性。此外结合新能源汽车发展趋势,在停车场内布局充电桩,并实现ETC与充电支付的一体化,为新能源车主提供“停车+充电”一站式服务^[4]。同时探索基于ETC技术的停车场会员服务体系,为用户提供个性化、定制化的停车服务。

4.3 技术创新与智能化升级

随着物联网、5G、人工智能等技术的发展,ETC停车系统将迎来智能化升级。物联网技术可实现对停车场设备、车位状态的实时监测与远程控制,提高设备管理效率;5G技术的高速率、低延迟特性,将进一步提升ETC系统的通信稳定性与交易速度;人工智能技术可应用于车辆识别、异常行为检测等领域,实现停车场智能化管理。例如,利用计算机视觉与深度学习技术,实现车

辆车牌、车型的自动识别,提高车辆进出效率;通过智能传感器实时监测车位使用状态,为车主提供精准的车位引导服务。

4.4 行业标准与规范完善

为推动ETC停车系统的健康发展,行业标准与规范将不断完善。相关部门将加快制定ETC停车系统设计、施工、验收等方面的标准,明确技术要求与质量规范;建立数据安全与隐私保护标准,规范用户信息管理与使用;完善服务质量评价标准,加强对停车场运营方的服务监管。通过标准化建设,提高ETC停车系统的兼容性、安全性与可靠性,促进行业有序发展,为用户提供更加优质、便捷的停车服务。

结语

基于ETC技术的城市智慧停车系统是缓解停车难题、推进智慧城市建设的创新之举。本文剖析其应用基础、现存问题并提出优化策略,展望发展趋势。但当下系统应用挑战尚存,需多方携手。政府强化政策引导与监管,推动标准与基建;企业加大研发创新,提升系统性能与服务;社会加强宣传,提高公众认知与参与。各方协同,持续优化该系统,实现停车资源高效利用,改善交通环境,为智慧城市建设筑牢根基。

参考文献

- [1] 韦燕宁,李东毅,董玉朕.基于ETC的车路协同系统应用研究[J].西部交通科技,2023,(04):188-189+202.
- [2] 于力,陶永峰.智慧快速路车路协同系统应用及展望[J].中国交通信息化,2021,(S1):158-159.
- [3] 路漫漫.基于交互优化的城市商业智能停车场管理系统[J].软件,2021,42(12):158-162.
- [4] 谭方勇,王明宇,臧燕翔.基于NB-IoT的智能停车管理系统的设计[J].苏州市职业大学学报,2020,31(04):5-9.