

高速公路收费站 ETC 车道通行效率提升策略

秦 斌

云南云岭高速公路交通科技有限公司 云南 昆明 650000

【摘 要】：高速公路收费站 ETC 车道在入口高峰、出口集中缴费和混合车流交织时，通行速度受车载标签状态、RSU 覆盖、栏杆响应、车道功能和异常交易转处方式共同影响。本文分析 ETC 车道识别稳定、天线覆盖、放行响应和车流衔接条件，梳理诱导布设、车道分配和异常分流等效率改善环节，提出标签预检、天线参数配置、车道组合、异常分流和现场诱导策略。收费站 ETC 车道效率改善应把设备识别链、车辆运行链和现场处置链合并考虑，使主线放行保持连续，减少车辆在收费广场内的无效停留。

【关键词】：高速公路；收费站；ETC 车道；通行效率；车道组织

DOI:10.12417/2811-0722.26.09.025

引言

高速公路收费站 ETC 车道承担车辆身份识别、路径校验、计费交易和栏杆放行等连续动作，任一节点响应滞后都会把低速通行转化为排队延误。入口方向的标签未插卡、余额异常、邻道干扰和车牌补识别会使车辆在岛头前停留；出口方向的车型核验、特情交易和人工核验会放大单车处理波动。收费站通行速度不能只靠增加车道数量解释，车载电子标签、RSU 覆盖区、地感线圈、栏杆机、诱导标志和现场人员共同决定车辆能否在收费广场内完成一次择道、稳定交易和连续放行。

1 高速公路收费站 ETC 车道效率基础

1.1 车载电子标签识别稳定运行条件

车载电子标签的可读状态直接决定 ETC 交易能否在车辆低速滑行中完成，入口车辆若存在 OBU 松动、储值介质异常、车型信息不一致或标签屏蔽，RSU 发起握手后会反复等待应答，车道控制机只能把车辆留在识别区内重新触发交易。收费站应把标签状态预检前移到广场入口、匝道缓行段或服务区出入口衔接段，利用门架预交易、入口提示屏和移动巡检把未插卡、标签失效、黑名单和车型不一致车辆从 ETC 专用车道前端分离，主车道只承担正常交易车辆的连续放行^[1]。车载标签稳定运行还要求车道系统保留清晰的失败原因编码，标签未读、卡签不一致、车牌不符和余额异常不能都落入笼统特情，否则现场人员难以判断车辆是继续重试、转入旁路还是改走混合车道。

1.2 路侧 RSU 天线覆盖连续保障条件

RSU 天线覆盖区应覆盖车辆进入识别窗口、保持低速滑行和离开交易区的完整距离，覆盖边界过短会压缩交易时间，覆盖边界过宽又容易引入邻道车辆或跟车车辆的误触发^[2]。云南省收费站智慧化提升指南提出，预交易设施与前方诱导设施距离不宜小于 150m，诱导情报板可视距离不应小于 100m，靠近收费车道的诱导情报板与收费岛岛头距离不宜小于 50m，这组距离关系说明 RSU 识别不只是天线安装问题，还要和前置诱导、车辆减速和车道选择共同布置。图 1 给出 RSU 覆盖、车

牌识别、地感线圈和栏杆机在 ETC 车道中的空间关系。

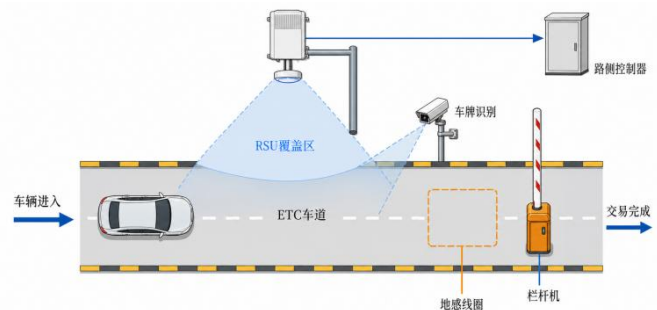


图 1 ETC 车道 RSU 覆盖与放行关系

图 1 中车辆进入方向、RSU 覆盖扇区和交易完成箭头形成从识别到放行的空间顺序，车牌识别相机位于栏杆前侧，地感线圈以橙色虚线框标出车辆占位。RSU 覆盖区若过短，车辆尚未完成交易就接近栏杆；覆盖区若过宽，邻近车辆可能进入同一识别窗口，天线角度和触发位置应随车道宽度、岛头位置和车辆低速轨迹一并调整。

1.3 栏杆机抬落响应与跟车安全间隔

栏杆机响应时间决定交易完成后车辆能否顺畅离开识别区，收费站专用道闸产品的抬杆时间常见区间为 0.30s~1.30s，若车道控制机交易完成信号、地感离车信号和栏杆动作之间存在时序错位，前车尾部尚未离开栏杆区域时后车已经进入 RSU 覆盖区，车道会出现重复触发、跟车干扰和安全间隔不足。浙江省高速公路收费站服务规范将收费站 ETC 车道限速标志数值设为 20km/h，低速运行并不意味着车辆可以贴近跟随，栏杆落杆、后车制动和岛头护栏都应留出可观察的距离。栏杆机选型和程序控制应把交易完成、抬杆、车辆离开、落杆和下一车交易启动分成可追踪的状态，车道控制机在任一状态未闭合时不提前开放下一次交易窗口。

1.4 入口出口车流衔接组织基础

入口和出口收费广场的车流衔接差异会改变 ETC 车道的有效通行能力，入口方向车辆通常来自匝道单向汇入，车型和路径信息较少，出口方向车辆同时携带计费路径、车型核验、

绿通核验和异常交易信息,单车处理波动更大。入口ETC车道可把重点放在提前识别、快速抬杆和车辆并入主线,出口ETC车道则要把正常车辆、标签异常车辆、应人工核验车辆在岛头前完成分层。收费站车流组织还应考虑相邻MTC或混合车道的排队外溢,混合车道队列一旦遮挡ETC车道入口,正常ETC车辆会被迫减速并线,原本设备侧的快速交易优势会被广场内横向干扰抵消。

2 高速公路收费站 ETC 车道效率提升环节

2.1 前置诱导信息分区布设环节

前置诱导信息承担车辆进入收费广场前的选择引导,信息出现过晚时,驾驶人已经进入车道分叉区,临时变道会增加侧向冲突并拖慢后续车辆。诱导屏和标志牌应按主线远端、广场前端、岛头近端分区布设,远端只提示ETC、人工、混合车道方向,广场前端增加标签异常、货车、绿通和客车分类信息,岛头近端只保留车道功能和异常转入方向,避免在驾驶人低速跟车时阅读过多文字^[3]。诱导信息还要与实际开放车道一致,潮汐时段若临时关闭ETC车道而未同步更新远端提示,车辆会在岛头前二次择道,单车犹豫时间会传递为整队起停。

2.2 多车道功能弹性分配环节

多车道功能分配影响ETC车辆能否保持连续排队状态,固定把最外侧车道设为人工、内侧设为ETC并不能适应货车占比、节假日小客车集中和出口特情增加的差异。收费站可按时段把车道分为ETC专用快通、ETC/MTC混合、特情转处和备用潮汐车道,入口高峰把更多车道留给正常ETC车辆,出口高峰则保留靠近收费亭或便于靠边停车的核验车道^[4]。功能分配的重点不是简单增加ETC车道数量,而是让每类车辆在进入广场后只发生一次路径选择,避免正常车辆被特情车辆阻断,也避免人工核验车辆穿越快通队列。车道切换还要绑定收费员岗位和岛后缓冲空间,临时开放的快通车道若缺少清楚的隔离端头,货车或现金缴费车辆容易误入ETC队列,快通车道的排队长度会在短时间内超过广场可容纳范围。

2.3 异常交易旁路分流转换环节

异常交易若停留在ETC主车道内处理,会使后续正常车辆等待同一根栏杆完成复核,通行效率随异常车辆占用时间快速下降。标签未读、车牌不符、车型不一致、余额异常和黑名单拦截应对不同旁路动作,标签未读车辆可引导至邻近混合车道重新交易,车牌不符车辆进入人工核验位,车型争议或绿通核验车辆进入岛后缓冲区,主ETC车道只保留正常交易和短时重试。旁路分流转换还要设置回流规则,异常车辆完成核验后从安全出口并回主线,不能从收费岛前端逆向穿插,否则处置本身会制造新的冲突点。

3 高速公路收费站 ETC 车道效率提升策略

3.1 强化车载标签预检减少入口滞留时间

车载标签预检应在车辆真正进入ETC专用车道前完成,预检对象包括OBU电源状态、卡签一致性、车牌颜色、车型信息和名单状态。收费站可以把预交易门架、入口广场诱导屏和移动巡检终端连接到站级收费系统,车辆出现标签未读或卡签异常时,诱导屏提前提示转入混合车道,现场人员只处理已经靠边或进入缓冲区的车辆^[5]。预检策略还要控制提示颗粒度,驾驶人只应知道继续进入ETC车道、转入混合车道或驶入核验区三类动作,后台错误码留给收费员和运维人员使用,过细的屏幕文字会增加阅读负担。

3.2 优化天线参数配置提高交易识别稳定

天线参数配置应围绕覆盖角度、发射功率、触发位置和邻道抑制四项关系调整,覆盖角度过窄会漏读靠边行驶车辆,功率过高会把邻道车辆纳入交易窗口,触发位置靠近栏杆又会压缩重试时间。车道调试可采用低速经由、跟车经由、偏左偏右经由和相邻车道并行经由四类工况,分别检查RSU读写、车牌识别和地感线圈触发的一致性^[6]。收费站运维人员还应把天线参数与车牌相机补光、地感触发阈值和车道控制机交易日志合并核对,若同一车辆在车牌识别正常而RSU读写失败的工况中反复出现,调整重点应落在覆盖角度和功率边界;若RSU交易成功而栏杆动作滞后,调整重点转向控制机时序和栏杆机接口。天线调整完成后还要保留试车记录,记录车辆位置、读写结果、相机补识别结果和栏杆响应状态,便于后续在设备老化、雨雾遮挡或交易量突增时快速判断故障来源。

3.3 调整车道功能组合压缩车辆排队长度

车道功能组合应依据车流峰值、特情车辆数量和人工核验能力动态调整,封闭式收费公路联网收费技术标准提出ETC车辆通行能力不低于550辆/h,若收费站把特情车辆长时间留在快通车道内,该能力会被单车异常处理时间直接稀释。入口高峰可采用ETC专用快通车道加少量混合车道的组合,出口高峰则把靠近收费亭的车道设为特情转处位,快通车道只承担正常标签车辆放行^[7]。车道组合调整还应保留物理隔离和标志连续性,临时锥桶、移动屏和现场手势应指向同一车辆路径。六类运行场景把快通、预检、特情和潮汐车道分开设置,入口与出口快通承担主队列消散,旁路和混合车道吸收核验时间,潮汐备用车道只在高峰时段打开并跟随诱导屏同步变更。表1列出ETC车道效率改善参数配置的设计口径。

表1 ETC 车道效率提升参数配置

车道运行场景	ETC 限速 (km/h)	预交易 距离 (m)	诱导可 视距离 (m)	栏杆抬 杆上限 (s)	排队消 散时间 (s)
入口 ETC 快通	20	150	100	1.30	55

出口 ETC 快通	20	150	100	1.30	60
入口预检分流	20	150	100	1	70
出口特情旁路	5	50	100	1.30	120
ETC/MTC 混合	5	50	100	1.30	150
潮汐备用车道	20	100	100	1.30	80

(注：续表 1)

表 1 中入口 ETC 快通和出口 ETC 快通均保持 20km/h 限速、150m 预交易距离，排队消散时间分别为 55s 和 60s，说明正常交易车辆应在进入岛头前完成识别准备；出口特情旁路和 ETC/MTC 混合车道把限速降至 5km/h，排队消散时间分别增至 120s 和 150s，车辆核验动作越多，车道越应从快通队列中分离。

3.4 细化异常分流流程保持主线连续放行

异常分流流程要把交易校验、分支判断、旁路处理和主线放行拆成清楚节点，车辆进入后先由车道控制机完成标签和车牌校验，正常车辆直接抬杆放行，标签未读车辆进入旁路分流，车牌不符车辆进入人工核验，核验完成后从安全位置并回主线。收费站执行该流程时，收费员不在快通车道内长时间解释计费争议，而是在旁路区完成补识别、人工核验和争议登记；主线栏杆只响应正常交易结果，使后续车辆的等待时间主要受前车物理经由时间控制。旁路区还应预留车辆停放、收费员到达和证件核验空间，人工核验节点完成后再把车辆导向主线放行端，避免处理完成车辆逆向回到岛头前方。图 2 给出异常交易分流关系。



图 2 ETC 异常交易旁路分流流程

参考文献：

- [1] 余志龙.高速公路改扩建工程智慧收费站升级方案设计与实践——以广澳高速南沙至珠海段为例[J].交通世界,2026,(17): 12-15+19.
- [2] 于洋.高速公路 ETC 门架系统软件运维要点浅析[J].中国交通信息化,2026,(6):82-84+120.
- [3] 王鸿刚,杨进财,张宛翔,等.高速公路 ETC 防护桩激光焊接工艺参数优化方法[J].焊接技术,2026,55(5):53-58.
- [4] 李雯.高速公路沥青路面预防性养护时机与技术方案优化研究[J].汽车周刊,2026,(8):187-188+215.
- [5] 武亚丽.高速公路交通流数据驱动的收费站智能收费系统效率提升研究[J].汽车周刊,2026,(5):46-47+85.
- [6] 陈昶,赵宇辉,郭宗宝,等.高速公路特情事件数据驱动处置效率优化研究[J].中国交通信息化,2026,(6):89-93.
- [7] 陈睿,刘金伟.高速公路多源异构雷达性能实测方案设计与应用[J].时代汽车,2026,(12):117-119.

图 2 中交易校验节点把车辆分成三条路径，绿色路径直接进入正常放行，橙色路径把标签未读车辆导入旁路分流，蓝色路径把车牌不符车辆导入人工核验。旁路分流和人工核验都在右侧汇入主线放行，说明异常车辆的处理地点应离开快通栏杆区，主车道只保留校验成功车辆的连续放行动作。

3.5 完善现场诱导信息提高车辆择道准确

现场诱导信息要把远端提示、车道灯、岛头标识和人工手势合成一致的视觉指令，驾驶人在收费广场内只按照颜色、箭头和车道功能完成择道，不反复寻找收费员确认。ETC 专用车道采用绿色通行灯和连续箭头，混合车道采用黄白组合提示，异常核验区采用橙色边框和靠边停车标识，三类信息在夜间、雨雾和货车遮挡条件下仍应保持可辨认。诱导信息发布还要跟随车道状态变化，设备故障、潮汐开放和临时管制发生时，站级系统同步更新远端情报板、岛头车道灯和收费员终端，车辆进入广场后才能沿同一视觉逻辑完成一次择道。收费站还应在换班、设备检修和节假日临时管制前完成信息一致性检查，发现车道灯、移动屏和人工指挥不一致时，先关闭对应入口再恢复诱导，避免车辆在已经进入队列后反复变道。

4 结语

高速公路收费站 ETC 车道通行效率改善策略应落到识别、覆盖、放行、车道组合和异常分流等可执行对象上。车载标签预检把异常车辆提前导出快通队列，RSU 覆盖和地感触发控制交易窗口，栏杆机响应与跟车间隔保证车辆离开识别区后再开放下一次交易；车道功能组合把正常 ETC 车辆、混合缴费车辆和特情核验车辆分开组织，异常分流流程再把标签未读、车牌不符和人工核验车辆导入旁路位置。收费站实施时应把远端诱导、岛头车道灯、现场手势和站级系统状态保持一致，使驾驶人在进入广场后只完成一次择道，主 ETC 车道保持低速连续放行。