

基于 RFID 的 ETC 电子不停车收费管理方案

1. 系统概述

1.1. 系统背景

随着国民经济快速发展，我国综合国力不断增强，交通基础设施建设大为改善，尤其以高速公路为主骨架的覆盖全国范围的高等级公路网络正在逐步形成，高速公路为交通事业跨越式发展奠定了坚实的基础，在某种程度上缓解了交通在经济建设中的瓶颈制约作用。但是，随着经济的持续快速增长，路网通过能力日益满足不了交通量增长的需要，交通拥挤，阻塞现象日趋严重，尤其以高速收费站车辆拥挤堵塞现象更为突出。如何实现各类车辆的有效指挥、协调控制和管理已经成为交通运输和安全管理部門面临的一个重要问题。

经过长期和广泛的研究，各发达国家已从主要依靠修建更多的公路，扩大路网规模来解决不断增长的交通需求，转移到用高科技技术来改造现有公路运输系统及管理体系，从而达到大幅度提高路网通行能力和服务质量的目的。ETC 电子不停车收费系统应运而生，ETC 特别适于在高速公路或交通繁忙的桥隧环境下采用。ETC 系统不仅极大的改善了路上密集车辆所造成的环境污染，减少车辆阻塞现象，行车更加安全，而且大大提高过路桥收费的通行效率。



图一 高速收费站拥挤车辆

1.2. 现状及分析

高速公路堵车现象时有发生，高速公路管理手段虽然越来越先进，但大部分已通车高速公路收费管理却仍停留在比较低效的人工收费阶段，这就给高速公路使用带来诸多不便：

- (1) 车辆停车排队交费等候通关的时间较长，在车流量增加时很容易造成拥堵；
- (2) 因停车等候交费的时间较长，降低了大桥的通行能力和服务水准；
- (3) 各收费站点的现金结算工作量巨大，所需工作人员较多，增加了人力使用成本；
- (4) 人工收费存在人员交接班的现金复核、稽查和统计工作量，同时还存在现金移交的资金安全问题；
- (5) 存在收费漏、交钱不给票或给假票的情况时有发生，甚至出现假钞假币方面损失；
- (6) 不便于路况和车流信息及时交流；
- (7) 由不同投资主体修建的公路收入分配问题日益严重；

(8) 经过收费站时停车缴费造成的通行速度缓慢、频繁制动引起的机械磨损、油耗、噪音和由此产生的大量有害尾气等问题严重。

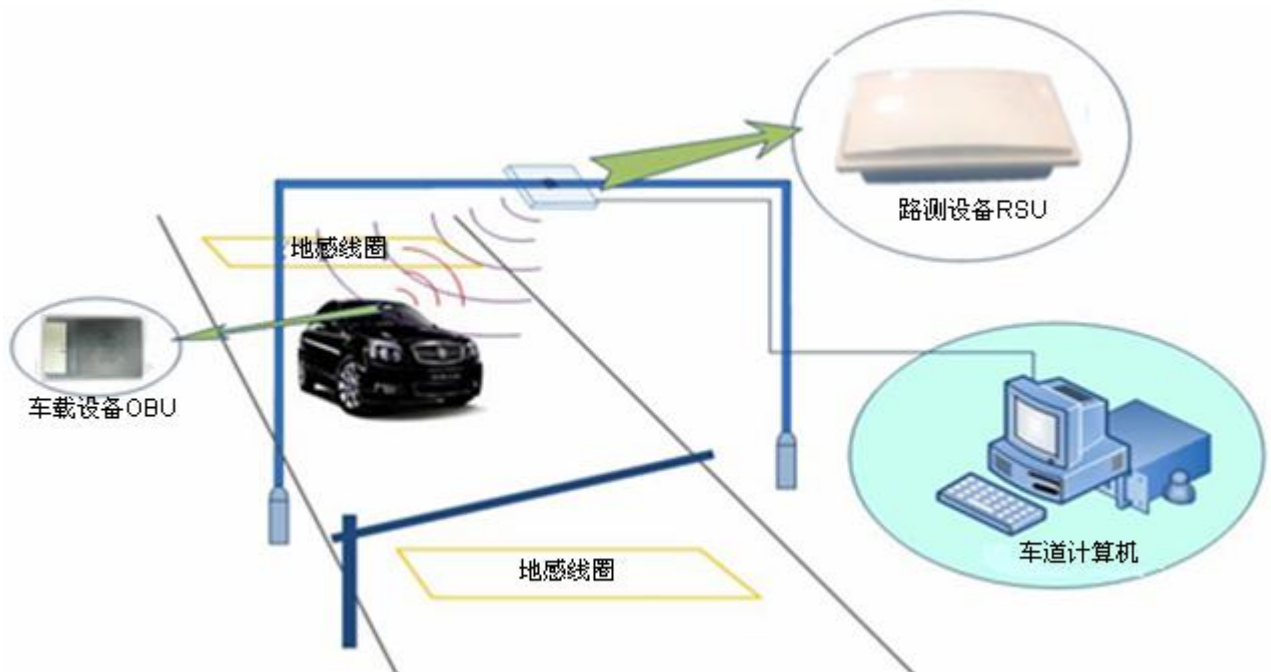
我国高速公路普遍采用封闭式收费制式，各省市在联网收费系统中，普遍采用了基于IC卡作为通行券的人工现金收费（MTC）方式，公路收费中实现电子支付的主要方式有记帐卡、信用卡、预付卡、电子钱包等等。在各种公路收费的电子支付手段当中，基于专用短程通讯（DSRC）技术的ETC电子不停车收费技术，以其具有免除现金交易、无需停车快速通过、有效提高通行能力、大大提升服务水平、简化收费管理、降低环境污染等等明显特点和优势广为受人青睐。不停车收费系统又称电子收费系统（Electronic Toll Collection System），简称ETC系统。它利用车辆自动识别技术完成车辆与收费站之间的无线数据通讯，进行车辆自动识别和有关收费数据的交换，通过计算机网路对收费数据进行处理，实现不停车自动收费的全电子收费管理系统。

2. 系统介绍

2.1. 系统原理

ETC 电子不停车收费系统是基于 RFID 技术通过远距离、非接触采集射频卡的信息，实现车辆在快速移动状态下的自动识别，从而实现目标的自动化管理。该系统产品集计算机软硬件、无线通信、信息采集处理、数据传输、网络通讯、自动控制和智能卡制作等技术综合应用为一体，属于先进的智能交通信息采集设备和高安全性的智能身份识别系统，是一种能有效对车辆进行自动识别和联网监管的重要手段。

该系统通过安装在车辆挡风玻璃上或者车身其他部位的车载电子标签（OBU）与在收费站 ETC 车道上的车道设备控制系统信号发射与接收装置（称为路边读写设备，简称 RSE）以专用短程通信（Dedicated Short-Range Communication，简称 DSRC）方式交换信息，利用计算机联网技术与银行进行后台结算处理，从而达到车辆通过路桥收费站不需停车而能交纳路桥费的目的。不停车收费系统主要利用车辆自动识别技术（AVI），通过路侧车道控制系统的信号发射与接收装置识别通过车辆的编号，自动从该用户的专用账户中扣除通行费。对使用 ETC 车道未安装车载器或车载器无效车辆，则视作违章车辆，实施图象抓拍和识别，会同交警部门事后处理。

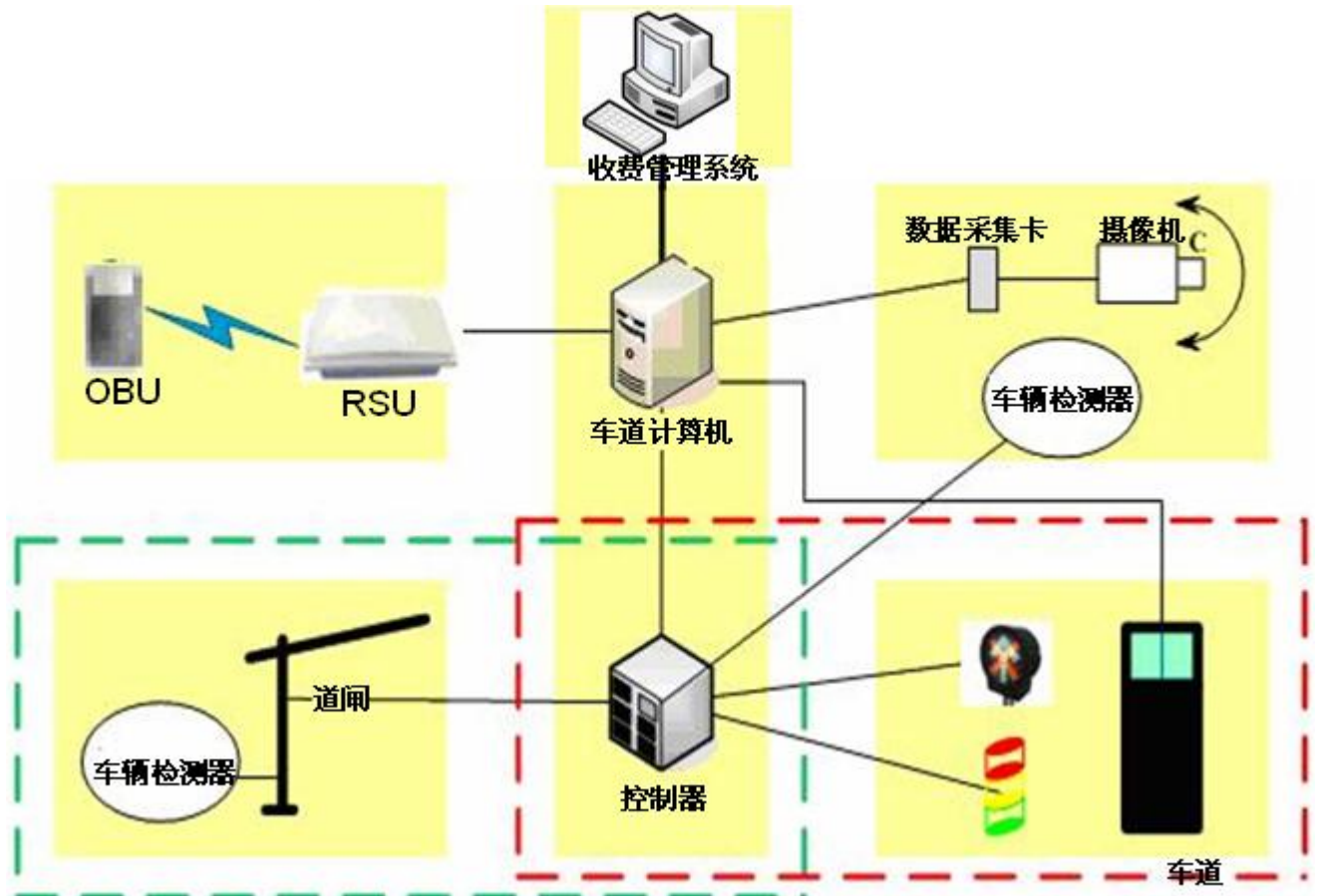


图二 收费站工作原理示意图

2.2. 系统结构

ETC 电子不停车收费系统主要包括底层应用单元（车道计算机）、车道控制单元（包括工控机、车辆检测器、道闸）、图像采集单元（摄像机、视频采集卡）、显示告警单元（车道通行灯、声光报警装置、车道显示屏）、射频识别单元（RSE 和 OBU），该系统主要实现的功能如下：

- | 车辆自动识别
- | 车辆自动收费
- | 控制道闸、通行灯以示通行或放行
- | 对当前车辆进行抓拍
- | 对非正常车辆进行告警



图三 ETC 系统硬件结构图

2.2.1. 硬件系统构成

ETC 电子不停车收费系统硬件包括收费站数据采集部分、数据传输部分、监控管理部分三部分组成。

2.2.1.1. 收费站数据采集部分

收费站数据采集设备主要是远距离、非接触采集车辆通过的时间、地点信息，收费站数据采集设备由若干个收费站组成局域网。数据采集系统主要实现不停车快速读取通行车辆卡号，并上传至收费管理中心，判断通过车辆所持卡号的合法性，控制红绿灯动作。对持有效卡的车辆绿灯放行，持无效卡的车辆红灯禁行，对无卡车辆向控制中心发出警报信号或抓拍车辆图像。数据采集系统是系统中的基本管理单元，采集系统将车辆通行的相关资料通过计算机网络实时传输至控制中心。图像捕捉设备将自动捕捉、存储车辆的图像，以供核查。

2.2.1.2. 收费站数据传输部分

数据传输主要是完成收费站与监控室或收费管理中心之间的网络连接。它由若干个收费站数据采集设备通过 IP 协议组成广（局）域网，数据传输配置网络通信接口设备、数字交换机、光收发设备、网络终端设备。

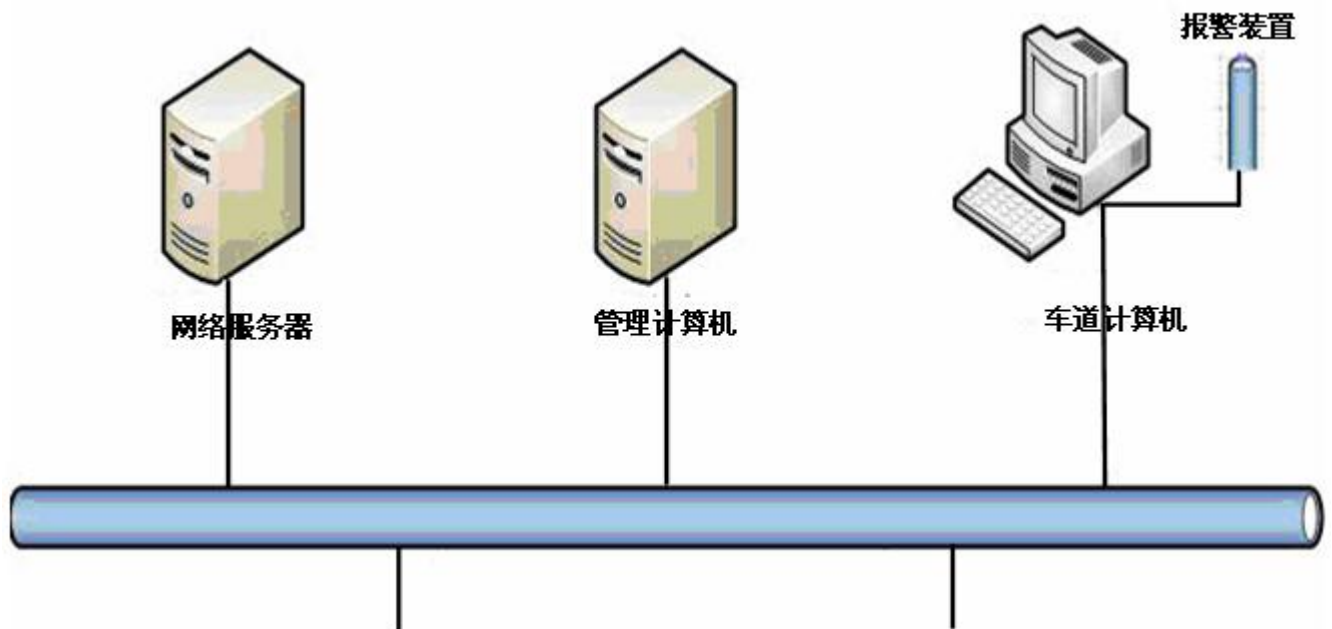
2.2.1.3. 监控管理部分

监控管理部分实时采集、存储各监控点处理计算机的通行数据，并进行逻辑判断和处理；完成各种信息的存储、备份以便稽核人员核查。自动生成各类数据、交通流量的统计报表供查询和打印，并实时监控车辆通行状态，将数据存机备查；负责发放射频卡、建立用户档案、修改卡片档案库资料，设定用户查询密码等工作，保障发卡操作的合法性及安全性；设立卡片挂失、补卡、清卡、退卡、用户服务查询系统；当车辆非法进入或不按规定通道通行时，系统报警。监控管理配置网络服务器、管理计算机、不间断电源、系统软件。

2.2.2. 软件系统构成

ETC 电子不停车收费管理系统是由服务器、数据库管理计算机、车道计算机通过混合网络拓扑结构连接而成的具备实时数据监视及采集、图像监视及采集、数据统计、信息检索等多项功能的计算机综合管理系统。其中包括由采用星型结构连接在一起的车道计算机为主，远距离射频识别系统设备、信号灯、显示牌和红外车辆检测器等为辅而构成的车道收费系统；由通过集线器连接的服务器、管理计算机、报表打印机组成的上端管理系统；由通过数据通道与图像信息通道与网络连接在一起的以计算机为主，视频采集设备为辅的多媒体采集系统。其各组成部分功能如下：

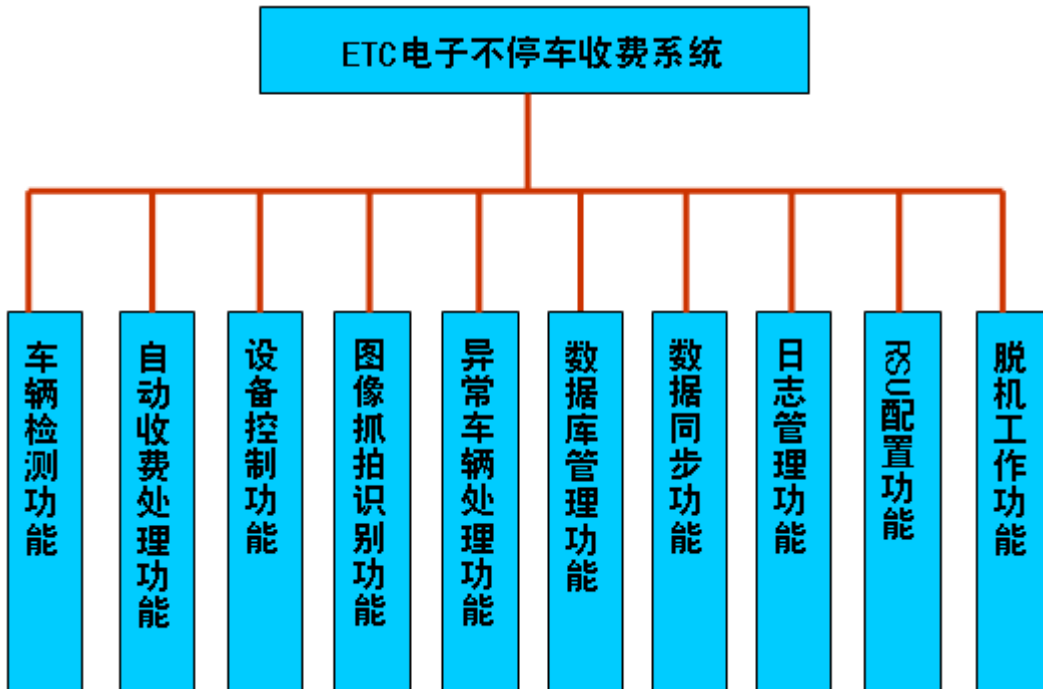
- 1 车道计算机：主要是完成车型的自动录入，射频卡的读写、网络检测、数据上传、信号灯控制、红外控制以及对各个收费车道特殊车辆（包括：无卡车、卡无效车、违章车等）的图像信息进行捕获并分类存入计算机以备随时检索使用等功能。
- 1 管理计算机：对原始数据进行交通流量、征费金额的统计并输出各种文字和文字报表；通过各种条件对收费原始数据及图像进行多条件复合查询并汇总；进行射频卡的发行、回收、挂失、恢复和充值操作；对系统进行各种初始设置等功能。
- 1 服务器：完成整个收费系统局域网的管理及作为数据库服务器进行原始数据及图像的存储、备份工作。



图四 ETC 管理系统结构图

2.3. 系统功能

ETC 电子不停车收费系统功能包括车辆检测功能、自动收费处理功能、设备控制功能、图像抓拍识别功能、异常车辆处理功能、数据库管理功能、数据同步功能、日志管理功能、RSU 配置功能和脱机工作功能等。



图五 系统功能模块

2.3.1. 车辆检测功能

系统能够通过地感线圈检测到进入 ETC 车道的车辆，对经过车辆进行数量统计。并根据 RSU 的识别结果判断车辆是否具有电子标签（OBU）。

2.3.2. 自动收费处理功能

系统提供自动收费处理功能，在没有工作人员参与的情况下完成收费工作。

- l 当安装有 OBU 设备的车辆经过 ETC 车道入口时，系统会将入口信息写入双界面卡中，入口信息包括：通过区域号、路段号、站点号、车道号、入口时间、入口状态标识、车型、车牌号码。
- l 当安装有 OBU 设备的车辆经过标识站时，系统会将标识站信息写入双界面卡。
- l 当安装有 OBU 设备的车辆经过 ETC 车道出口时，系统根据从双界面卡读取的入口信息，查询系统中的费率表，计算出收费额度，将出口信息写入双界面卡并进行扣款操作（如果是储值卡）。出口信息包括：通过网络号、站点号、车道号、时间、出口状态标识、车型、车牌号码。

完成自动收费以后，系统会产生收费记录，记录如下信息：车道序列号、卡编号、卡类型、入口名称、入口日期时间、出口名称、出口（交易）日期时间、出口车道类型、交易金额、双界面卡余额、车型、车牌、脱机交易序号、终端机编号、终端交易序号、交易验证码等。

2.3.3. 设备控制功能

系统能够根据对车辆的收费处理情况正确控制车道设备的动作，包括：自动栏杆的升起下落、雨棚灯的切换、通行信号灯的切换、声光报警器的开启和关闭、费额显示器的显示等。

2.3.4. 图像抓拍识别功能

系统对经过 ETC 车道的当前车辆进行图像抓拍，并将该抓拍图像和处理信息关联后保存以供事后追查。

系统对车辆抓拍图像具有车牌识别功能，可以将车牌识别结果与抓拍图像关联后保存，以供事后稽查。

2.3.5. 异常车辆处理功能

对于经过 ETC 车道的异常车辆（未成功进行入口信息写入或出口收费处理的车辆），系统会使自动栏杆保持关闭状态以拦截车辆，同时进行声光报警，提醒工作人员进行处理。

2.3.6. 数据库管理功能

系统提供强大的数据库管理功能，包括数据库的参数配置、备份以及数据库灾难恢复等。

2.3.7. 数据同步功能

系统具有数据同步功能，车道服务器可以独立完成一次收费交易，交易信息可及时同步到收费站系统。系统也可以及时接收收费站下发的运行参数信息。

2.3.8. 日志管理功能

系统具有日志管理功能，可自动记录管理人员操作日志和系统运行信息日志，包括操作人员的个人信息、操作时间、地点、所进行的合法操作、所进行的非法操作、操作中产生的异常、系统运行中发生的异常等，也可以对日志进行查询，便于系统的维护和事故的追查。

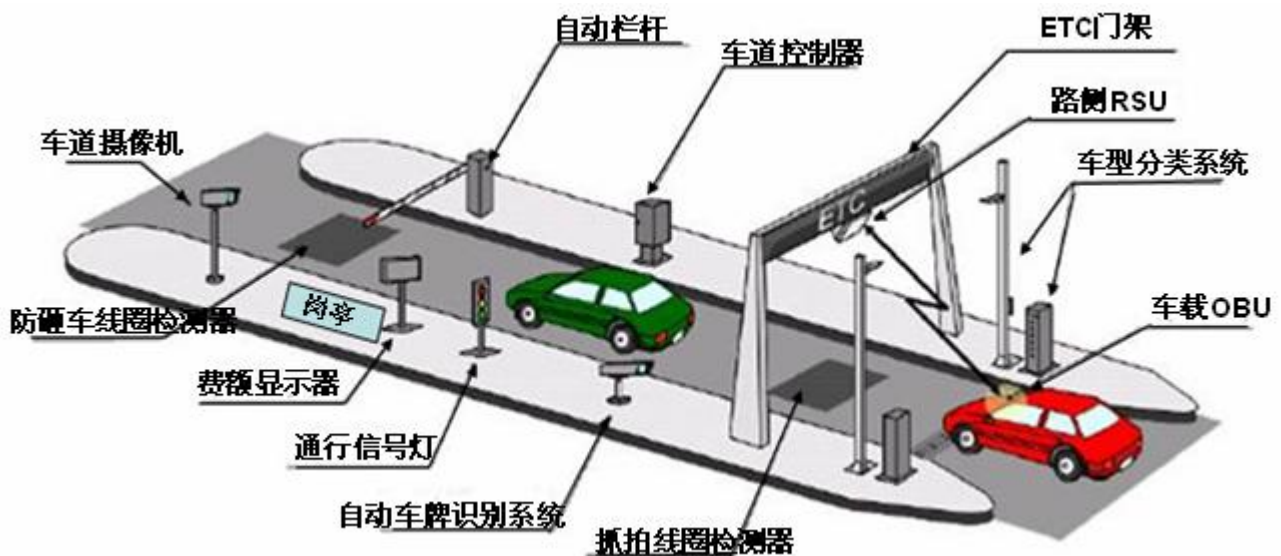
2.3.9. RSU 配置功能

系统提供 RSU 配置功能，可通过专用配置管理工具配置 RSU 的通信口参数、射频参数、业务参数等信息。

2.3.10. 脱机工作功能

系统提供脱机工作功能，当车道系统与收费站的通信出现异常时，系统可降级运行和脱机操作，独立完成对经过车辆的收费处理操作，待网络系统恢复正常后再将交易记录等数据上传给收费站。

2.4. 系统工作流程

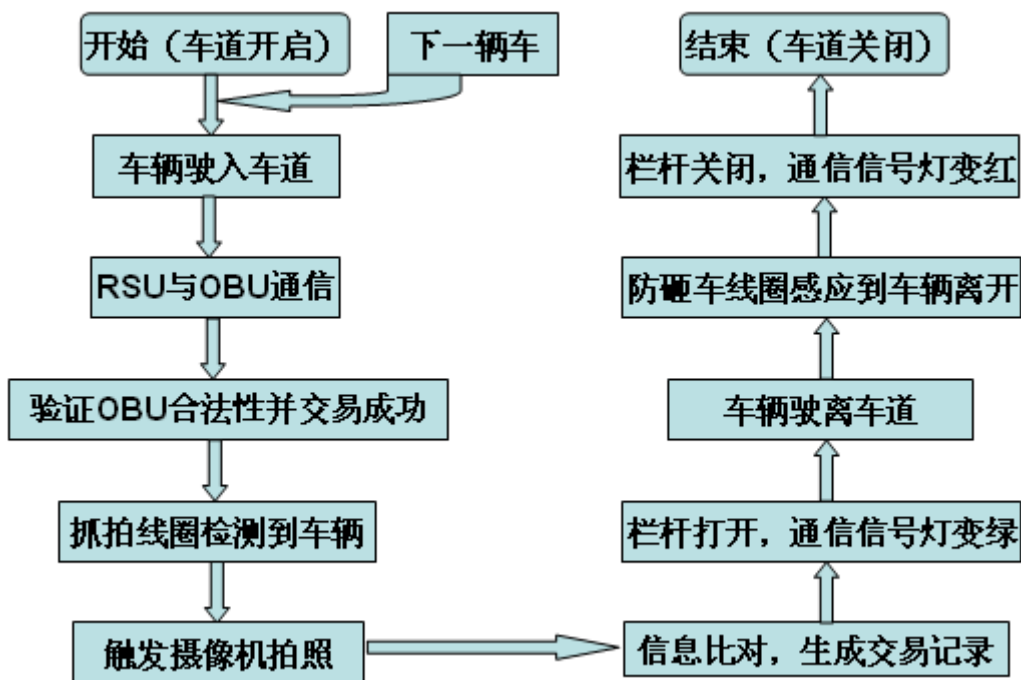


图六 ETC 车道系统工作流程

ETC 电子不停车收费系统车道工作流程如下：

- 1 首先，车辆进入读写器天线覆盖范围，读写器天线与车辆上电子标签进行通讯，车辆通过抓拍线圈时如果读写器天线仍然没有检测到电子标签，证明车辆没有电子标签，则报警并保持车道关闭；
- 1 如果车辆装有电子标签，读写天线和电子标签进行通讯交互，同时判断电子标签的合法性，包括是否含有 CPU 卡，卡内余额是否充足等，如果标签有效则进行交易，如果标签无效则报警并保持车道关闭；
- 1 在车辆触发抓拍线圈时，启动摄像机进行拍照，将车辆拍照信息以及车辆电子标签信息同时保存到车道计算机，并可以进行信息比对，如果抓拍信息与电子标签信息不符则报警；
- 1 如果车辆电子标签与车辆拍照信息相符，则通行信号灯变绿，抬起栏杆放行；
- 1 车辆通过防砸车线圈后，栏杆自动回落，通行信号灯变红；
- 1 系统保存交易记录，并将其上传至收费站服务器中，等待下一辆车进入。

ETC 车辆典型通关流程如下图所示：



图七 ETC 车辆典型通关流程

3. 系统特点

基于 RFID 的 ETC 电子不停车收费系统具有如下特点：

- 1 更高的收费站通行能力
- 1 条 ETC 车道=3~5 条 MTC 车道，大大提高了交通通行能力。
- 1 支持组合式收费模式

本系统兼容 ETC 系统的双界面卡，可以支持组合收费。支持 ETC 双界面卡用户的 ETC 入 MTC 出、MTC 入 ETC 出、MTC 入 MTC 出等通行方式，最大限度的满足不同用户的要求。电子标签采用双片式（电子标签+双界面卡）。将双界面卡插入 ETC 电子标签中可以实现不停车通过 ETC 专用车道，使用双界面卡采用普通刷卡方式可以通过人工收费车道。组合收费模式可以很好的适应国内路网复杂、多数入口和出口收费站车流量小、车道少的现状。

- 1 可有效提高道路的通行效率，降低环境污染

采用 ETC 电子不停车收费系统可有效缩短收费时间，提高公路的通行能力，降低对收费车道周围环境的污染。在 MTC 方式下，服务时间小于 8s（入口）、20s（出口），在 ETC 方式下，服务时间均小于 3s。

- 1 便捷的付费服务

支持多种电子支付方式，提高车道通行能力。

具备完备的安全体系

ETC系统具备严密的密钥体系，符合PBOC金融卡交易规范，实现真正安全的电子钱包，数据安全通过采用访问控制、认证、机密控制、数据完整性控制等措施来保证数据存储和传输的安全。



更少的基建投入，更低的运营成本

ETC 与 MTC 相比，按通行能力，可以节约 40%基建费，运营成本节约 50%。

4. 其他应用领域

- 丨 高速公路车辆追踪
- 丨 集装箱管理
- 丨 智能停车厂管理

5. 硬件设备选型

产品图片	型号	性能	用途
	一体式 DSRC 读写器 NFC-5821	<ul style="list-style-type: none"> 丨 频率：下行链路 5770MHz~5850MHz 上行链路 5770MHz~5850MHz 丨 支持国际DSRC协议 丨 高速率的 DSRC 链路通讯和串行传输，快速完成 EFC 交易 丨 脱机使用时可存储 39.4 万条交易记录 丨 接收灵敏度高 丨 使用频道隔离技术，多车道互不干扰 丨 适应各种气候条件下的全天候室外工作环境，高强度防雷设计 丨 先进的防碰撞技术，具备多 OBU 同时处理能力 	识别OBU 标签
	双卡式 OBU NFC-5832	<ul style="list-style-type: none"> 丨 频率：下行链路 5770MHz~5850MHz 上行链路 5770MHz~5850MHz 丨 基于5.8 GHZ 频段专用短距离通讯 (DSRC)技术 丨 支持国际DSRC 标准、PBOC 交融卡交易规范 丨 双片式设计，支持接触式CPU卡 丨 交易时间短 丨 接收灵敏度高 丨 具有超低功耗特定，电池寿命长 丨 外观时尚美观，具有多种用户界面 丨 使用频道隔离技术，多车道互不干扰 	双片式车载 标签