

# Design and Implementation on Optimization System to Increase Highway Toll Lane Capacity Based on Automatical Toll

Binjie Xiao, Sunfang Dai, Yuzhe Liu

Shanghai Urban Construction Design & Research Institute, Shanghai  
Email: xiaobinjie@sucdri.com

Received: Jan. 4<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jan. 21<sup>st</sup>, 2017; published: Jan. 24<sup>th</sup>, 2017

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

In order to increase the highway overhaul engineering charge lane restricted by engineering red line problem, a scheme using automatic card machine is proposed for Hujia expressway reconstruction in Shanghai. The application and effect of the Automatic Card Machine were analyzed. The scheme is for the realization of the Hujia expansion and reform of the highway toll station renovation, which uses automatic card device to replace the original artificial hairpin and saves space. The automated ways also enhance the efficiency. Hujia expressway project has been operated for nearly a year. The results of gaining a significant traffic number boost and ensuring safety at the same time show that the proposed scheme is especially suitable for the reform of the highway added lanes. This scheme can be applied to the limited space of existing or new highway, avoid rebuilding and relocating of land requisition, structural constraints, so as to save money, manpower and effectively improve the traffic efficiency, which has the outstanding application prospect and spreading value.

## Keywords

Automatic Card Machine, Expressway Reconstruction, Automatical Toll, Improving the Efficiency of the Passage

---

# 基于自助收费的高速公路收费车道扩容最优化方案设计及实施

肖宾杰, 戴孙放, 刘玉喆

上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司, 上海  
Email: xiaobinjie@sucdri.com

收稿日期: 2017年1月4日; 录用日期: 2017年1月21日; 发布日期: 2017年1月24日

## 摘要

针对高速公路大修工程中需增加收费车道受工程红线限制问题, 结合无人值守自动发卡机操作简便、自动安全、机身轻薄等优势, 研究分析自动发卡机在高速公路改造工程中应用方案及效果; 该方案为实现沪嘉高速公路改造中收费站扩容改建目的, 利用自动发卡装置替代原有人工发卡, 突破常规收费车道限制增加车道, 节约占地空间, 并利用自动化手段提升收费通行效率。该工程运行后, 通行量显著提升, 安全性也得以保证, 表明该方案适用于高速公路改造中增设车道情况, 可推广应用到场地有限的已有或新建高速公路中, 免除土地征用、结构改建、搬迁等制约因素, 减少人力、财力投入, 并有效提升通行效率, 具有突出的应用前景和推广价值。

## 关键词

自动发卡机, 高速公路大修改造, 自助收费, 提高通行效率

## 1. 引言

S5 沪嘉高速公路是上海市区与原嘉定县城区连接的一条快速通道, 全长 20.5 km, 采用全封闭、全立交的高速公路标准, 设计车速 120 km/h, 互通立交 4 座, 于 1988 年 10 月 31 日竣工, 是中国大陆第一条建成通车的高速公路。为适应城市发展需求, S5 沪嘉高速公路调整为城市快速路, 并取消收费, 作为取消 S5 沪嘉高速公路收费政策的配套工程, 沪嘉高速公路大修工程主要是将实施嘉定城区等收费站迁(改)建为 G1501 上海绕城高速公路收费站等工程, 以闭合高速公路联网收费系统。

本工程完成改造后, G1501 嘉定城区收费站入口车道布置为 1 条 ETC/MTC 混用车道和 1 条超宽车道。本文针对这一社会关注度较高工程的特殊需求, 在场地情况复杂的条件下, 研究在红线控制范围内突破常规拓宽收费车道的方案。

## 2. 需求分析

上海市有 19 个类似于 G1501 嘉定城区的收费站, 交通流量增长与收费站规模已形成矛盾, 但又存在扩容局限性。本工程需要对此类收费站进行扩容改建, 并与 ETC 车道改造结合, 在不拓宽路基的前提下增加一根车道。自动发车道方案具有节约用地、减少人力投入及运营成本等优势, 为解决沪嘉高速公路改建工程受红线控制的收费系统改造以及施工期间收费问题, 本工程通过取消原收费岛上人工收费

亭，将原设计收费岛宽度减小，利用自动发卡装置替代原有人工发卡，同时增加相应车型识别及信息显示等辅助设施，实现增加车道的目的。

### 3. 工程总体方案

#### 1) 采用自动发卡机车道布置

根据本工程的现状和需求，入口收费广场在不拓宽路面的情况下改为“1根ETC车道+1根自动发车道+1根MTC车道(超宽车道)”的形式，采用独立式无人值守发卡系统，取消传统收费员发卡的模式并无需收费员值班，由过往司机在自动发卡机取卡通行。整个系统以自动发卡机和自动车型识别器作为主要设备，实现人工发卡及识别车型的功能，配合发卡系统工控机以及车道控制器、车辆检测器等辅助设备，组成一个完整的无人值守发卡系统。

自动发车道布置如下图1所示，根据将原有拓宽路基方案和采用自动发卡机方案对比的结果如图2所示，表明采用自动发卡机方案能够满足车道宽度要求。

本工程ETC车道宽度3.2米，无人发车道宽度3.5米，MTC(超宽车道)车道宽度4米，车道宽度均满足交通设计要求[1]。

#### 2) 自动发卡机系统设计

如图3所示，无人值守发卡机包括自动车型分类器、车牌识别器车道控制器(包括工控机、车检器、小型交换机)、显示器、非接触IC卡读写器、车道信号灯、电动栏杆机、手动栏杆机、对讲电话、黄色闪光报警器等组成[2][3][4]。

其中发卡机机卡槽如图4所示。该上中下工位发卡机可以3~5秒/张速度发放86×54mm规格的IC卡，卡机总IC卡容量3000张，切换响应时间<2秒；发卡机分为上中下三个取卡高度，分别对应大、中、小车司机；以语音提示指导司机按键、取卡和通行；卡机前的检测线圈控制保证有车取卡且每次一张卡，司机可同监控室对讲，并可自定余卡报警系统，切换至备用。

本工程受设计车道宽度3.5m限制，无人发卡收费岛仅为500mm宽，无人值守发卡机(图5)机身宽度设计为420mm。标准卡箱容量为600张/卡槽；考虑入口3000辆/日的流量与管理人员的操作安全，特制定750张/槽，大、小客车各1500张的卡位，预计平均换卡操作为2天1次。

#### 3) 车辆分型功能实现

自动发车道配有红外线感应柱和摄像机，当车辆通过道口前，红外线感应柱能对车辆车型进行识别，摄像机能迅速抓拍到车辆照片，所有信息自动储存在通行卡上，至高速公路出口处直接交卡即可完成缴费。

其中，车辆分型功能，通过采集到的车辆轮廓、底盘高度和平整度、轴数、车长、倒车等信息，综合分析并结合模糊判断而得到车型信息。自动车型分类系统设备主要由全天候轮廓扫描器、地感线圈、轴数计数器、车长检测光柱以及带网络接口的车型分析单元组成。

轮廓扫描器检测车头高度、车辆轮廓、底盘高度、车辆分离、轴数、倒车等。该设备由安装在车道两侧的红外线发射单元和红外线接收单元组成，垂直于车行方向，发射单元和接收单元之间有密集的红红外线光束，能够对过往车辆的轮廓进行精确扫描，从而根据车辆的二维轮廓图，根据客车底盘比较齐整，而货车底盘有齿状交错，区分客车与货车。

车长检测器通过前置两对光柱，对车辆长度进行分类，同时结合车辆轮廓、底盘平整系数等，以客车座位数区分客车的三种车型。车型分析主机采集轮廓识别器、车长检测器、地感线圈信号。根据采集到的车头高度、底盘信息、轴数、车辆二维轮廓等参数，经过模式识别相关算法，最后将车型信息通过

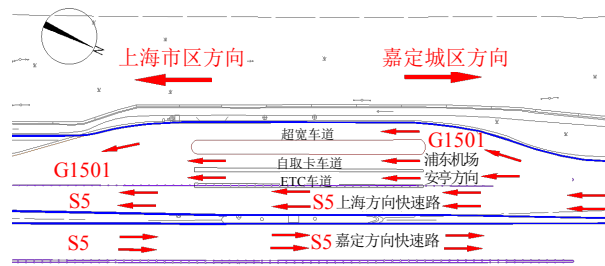


Figure 1. Automatic hairpin locomotive arrangement  
图 1. 自动发卡机车道布置图

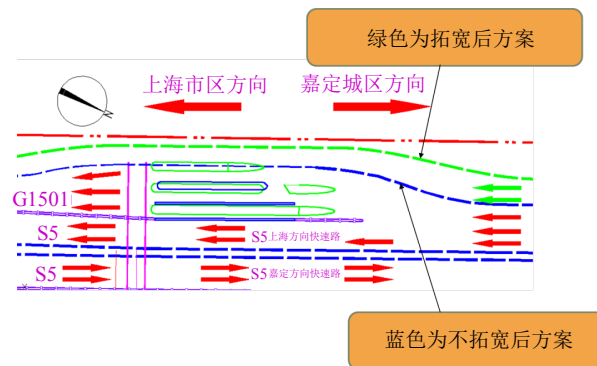


Figure 2. Comparison of broaden roadbed scheme and the scheme with automatic card machine  
图 2. 拓宽路基方案和采用自动发卡机方案对比图

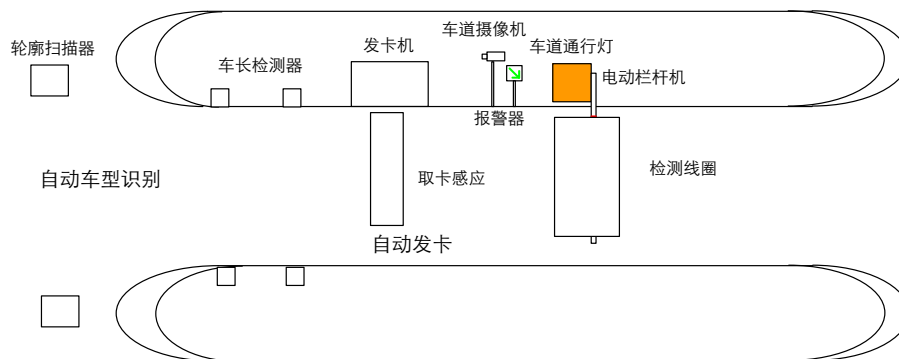


Figure 3. Automatic card machine equipment sketch map  
图 3. 自动发卡机设备位置示意图



Figure 4. 3 locations' card machine (left) and the card slot (right)  
图 4. 上中下工位发卡机(左图)及卡槽(右图)



**Figure 5.** The card machine applied in Hujia expressway overhaul project

**图 5.** 沪嘉高速大修工程中采用的发卡机

网络接口输出到车道控制器。自动车型分类能准确识别车辆的车型。客货分离的识别率要求大于等于 95%，客货车综合准确率大于等于 93%。

#### 4) 系统工作流程

自动发车道系统的工作流程如图 6、图 7 所示，车辆首先通过车型识别器，车型识别器输出结果给工控机上的收费软件，软件做好车辆车型队列记录，当车辆行驶至自动发卡机前的线圈(取卡线圈)时，经取卡机前线圈检测，保证一车一卡，配合自动车型识别，车牌识别器对当前车辆进行车牌识别，并将结果传输给工控机收费软件，自动发卡机以语音提示司机取卡或刷 ETC 卡，此时驾驶者按下自动发卡机的发卡键，收费软件系统会将当前车辆的车型记录和车牌识别结果写入通行卡，并将写好的通行卡传输至发卡口。驾驶者取走通行卡后，栏杆机抬起放行。车辆通过栏杆检车线圈后，栏杆机降下。进而车辆有序经过收费车道。

## 4. 工程实施效果分析

### 1) 无人值守自助式收费，通行能力显著提升

沪嘉高速公路大修工程(一期)嘉定城区收费站改建后现有 3 根车道宽度均满足交通部安全标准，根据现场实际测试，功能和性能已达到应用需求，自动发卡设备的发卡用时与普通 MTC 车道的发卡用时基本一致，其主要取决于驾驶人员的熟练程度。在未增加用地范围的情况下，相当于增加了一根 MTC 车道的通行能力，总通行能力增加一倍。如表 1 所示，自动发卡系统的使用可实现无人值守型自助式收费模式，通行能力显著提升，并可免除人力资源成本，有望产生可观的经济效益。

### 2) 减少征地及投资，消减成本 90%

采用自动发卡机系统，收费岛最窄只需 1.5 米的，比人工发卡安装收费亭 2.2 米宽相比，每个车道可以减少 0.7 米的宽度，减少建设征地效果是非常明显。以沪嘉高速公路改建工程为例，在高速公路改建项目可减少投资的比较分析如表 2 所示，本次改造方案无需扩展用地及修建收费亭，免除土地征用、管线及绿化搬迁等费用，节约设备、土建费用，共需 120 万元，对比原拓宽预算 1200 万元，本项目实际投入约为原预算的 10%，极大节约了成本，也可节约大量建设成本。

### 3) 系统性能稳定，满足高速公路收费及管理要求

沪嘉高速公路大修工程(一期)嘉定城区收费站自动发卡机收费车道全年总流量 192,536，具体每个月

流量见下图 8。

本工程的自动去卡机收费车道运行一年来，无安全故障，车道发卡与内部监控数据一致，无发出和回收卡不一致情形出现，交易成功率达到 100%，系统各项性能均满足收费通行需求。



Figure 6. Automatic card lane  
图 6. 自助取卡车道

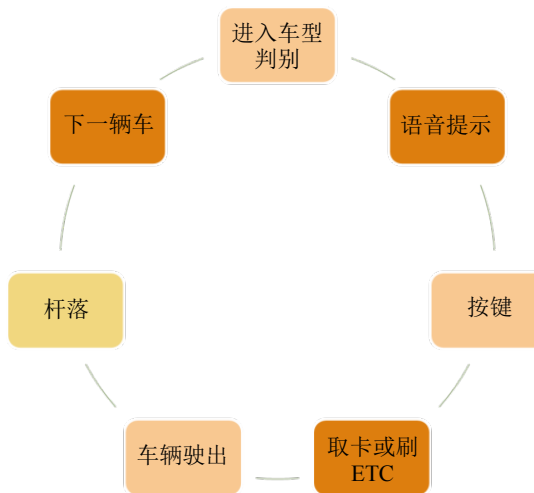


Figure 7. Workflow chart  
图 7. 系统工作流程图

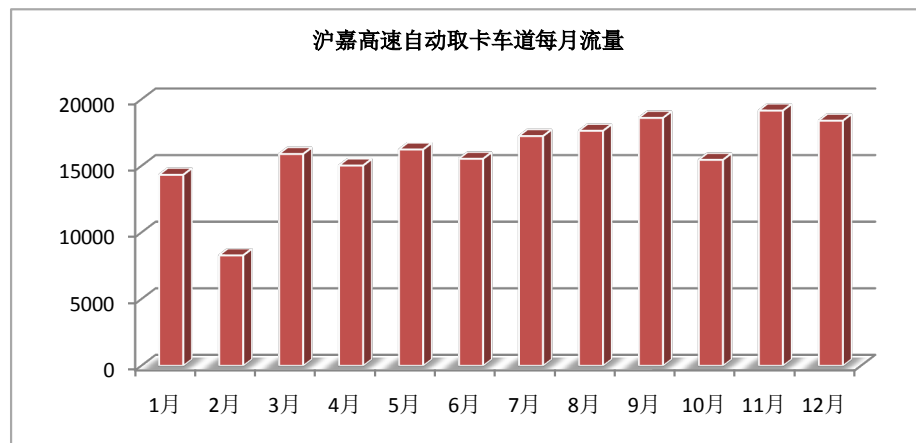
Table 1. Comparison of traffic capacity  
表 1. 通行能力比较

收费站	嘉定城区收费广场高峰小时 ETC、MTC 流量(自然车/h)				
	原有两根车道		增加自动发卡车道后		
	ETC	MTC	ETC	MTC	自动发卡车道
发卡	11	209	12	208	230
合计	220		450		



**Table 2.** Comparison of the construction cost  
**表 2.** 建设成本比较

项目	方案变更前后成本分析	
	拓宽方案成本(万元)	自助取卡方案成本(万元)
土地征用	60	0
管线搬迁	200	0
绿化搬迁	100	0
土建结构	800	40
设备	旧设备利用	旧设备 + 25 (自助取卡系统)
设备安全	15	20
安全设施	25	35
合计	1200	120



**Figure 8.** Monthly traffic flow  
**图 8.** 月交通流量

## 5. 结束语

沪嘉高速公路大修工程(一期)嘉定城区收费站受红线限制,无法进行道路拓宽。本文中提出一种自助取卡式车道方案,实现了在不增加用地的情况下,既满足车道宽度要求,又实现高效通行。本方案具备24小时×7天的全时工作能力,效率高于人工发卡。该方案的实施效果分析表明,通行能力增加,交易成功率为100%,而建设成本仅为原有方案(拓宽车道)的10%,满足了在不拓宽路面的情况下保证道路通行能力的要求,尤其适用于高速公路改造建设及施工期间收费需求,可大大缩短工期和降低成本。同时该高速公路发卡系统试运营结果证明,该方案的行车安全可靠度较高,发卡系统运行稳定,具有示范效益和推广价值,为以后自助取卡车道的推广提供了宝贵的实践经验。

本工程实施的自动发卡机方案具有成本低、功能完备、系统性能可靠等优势,实施后可减少运营人员的投入,降低运营成本,尤其是在今后新、改建收费道口遇到土地限制通行能力亟需扩容时,本方案提供了较佳的整体解决思路,未来当ETC用户比例增加到一定程度,自动发卡车道还可直接改造成ETC车道,具有很好的推广前景。

## 基金项目

上海市人才发展基金(项目编号 201324)、上海市科委项目(项目编号 15DZ1204300)资助。

## 参考文献 (References)

- [1] 交通运输部 2011 年第 13 号公告, 收费公路联网电子不停车收费技术要求[Z].
- [2] 孙振兴, 沈振宇, 等. 南京绕越高速公路自助发车道改造实践[J]. 中国交通信息化, 2014(10): 75-78.
- [3] 沈佳平, 李炳政, 等. 高速公路收费站无人值守发卡机自动发卡系统[J]. 中国交通信息化, 2016(2): 102-104.
- [4] 邱晓东, 赵怀柏. 高速公路不停车收费车道类型必选及布设方案[J]. 中国交通信息产业, 2009(2): 72-74.

### 期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ojtt@hanspub.org](mailto:ojtt@hanspub.org)