

文章编号: 1005-8451 (2011) 04-0013-03

## 广深铁路基于 UHF RFID 电子客票研究

武茂荣

(广州铁路(集团)公司, 广州 510088)

**摘要:** 针对广深铁路 13.56 M RFID 单程票存在的不足, 结合目前单品级 UHF RFID 的发展现状, 从技术性能、安全保密、成本控制等方面分析广深铁路单程票采用 UHF RFID 的可行性; 在广深 AFC 实验室搭建模拟生产环境, 完成样票研制生产, 并通过了技术测试。

**关键词:** 射频识别; 单品级 UHF RFID; AFC 系统; 单程票

**中图分类号:** U292.22 : TP39 文献标识码: A

### Research on electronic ticket for Guangzhou-Shenzhen Railway based on UHF RFID

WU Mao-rong

(Guangzhou Railway Group Corporation, Guangzhou 510088, China)

**Abstract:** Faced with defects for Guangzhou-Shenzhen Railway 13.56M RFID for one-way ticket, combined with the current development of UHF RFID item-level status, it was analyzed the feasibility of using UHF RFID for Guangzhou-Shenzhen Railway one-way ticket; considering technical performance, security, cost control, etc. The laboratory simulation of the production environment in the Guangzhou-Shenzhen AFC was built. The research, development and production for sample tickets were complemented. The technical test was passed.

**Key words:** radio frequency identification (RFID); item-level UHF RFID; AFC System, one-way ticket

广深线自 2005 年实行城际铁路公交化运营组织方式以来, 旅客发送量快速增长, 目前广深线年旅客发送量超过 3500 万, 单日最大发送量超过 20 万, 列车发行密度最高达到 90 对。为适应大客流、高密度对旅客快速乘降组织的要求, 广深线在 2006 年开始建设自动售检票系统 (Auto Fare Collection, AFC), 采用一次性使用的纸基 RFID (Radio Frequency Identification) 电子客票作为单程票。2009 年陆续开通了金融 IC 卡、铁路快通储值卡的直接刷卡进闸服务。通过这几年的成功实践表明, 对以广深线为代表的公交化城际铁路而言, RFID 电子客票相对于其它票制, 在识读速度、易用性、安全性等方面具有明显优势<sup>[1]</sup>, 但高成本始终是制约 RFID 在铁路电子客票领域发展的主要因素。

近年来随着近场 UHF RFID 技术的快速发展, 国内外大量的单品级 UHF RFID 得到快速部署。其性能和成本相对目前广深线单程票使用的 HF RFID 具有明显优势, 因此很有必要对铁路电子客票使用 UHF RFID 的可行性进行研究。

### 1 广深线 HF RFID 单程票存在的不足

广深线目前使用的 RFID 电子客票的射频频段属于高频 (HF) 的 13.56 M 范围, 无线通讯接口符合 ISO/IEC 14443 Type-A 协议的第 2、3 部分。2008 年以前采用恩智浦半导体 (NXP) 的 Mifare Ultralite 芯片, 现在已有 40% 的芯片采用国产兼容产品替代。目前, 广深线使用的 HF RFID 单程票在成本控制和芯片自身安全等级方面主要存在以下不足。

#### 1.1 HF RFID 电子客票的成本过高

早期广深线 RFID 单程票的采购成本曾经高达 1.75 元/张, 近年来随着封装技术进步、市场竞争加剧以及人民币持续升值等诸多因素的影响, 成本已得到有效降低, 目前平均采购价在 0.7 元/张左右。不过相对于广深线年平均 3 500 万的使用量而言, 总成本依然相当惊人。

RFID 电子客票的成本主要由芯片、天线制造及芯片绑定 (Inlay 封装)、面纸复合等 3 部分组成, 其成本分布大约是 4 : 4 : 2。目前以广深线的采购规模来看, 综合制造成本约在 0.6 元/张左右。由于 HF RFID 制造技术的一些先天性原因, 可以预

收稿日期: 2011-04-06

作者简介: 武茂荣, 高级工程师。

见未来其成本下降的空间已非常有限。

## 1.2 现有HF RFID电子客票芯片自身的安全等级过低

广深线RFID单程票使用的Mifare Ultralite芯片发展于10年前,主要用于公共交通领域的开放性、低成本、一次性电子票证。出于成本考虑,其缺乏诸如内置计数器、3DES等公开算法支持、读写访问控制等重要的安全机制,防伪主要依靠上位机对敏感数据进行加解密完成,无法做到一卡一密和芯片与机具间的相互认证,因此现有芯片的安全等级难以满足开展诸如计时票、计次票等长期票<sup>[2]</sup>业务对防伪技术的安全要求。

据有关报道,NXP公司2009年发布了替代产品Mifare Ultralite C芯片。这款芯片内置了开放标准加密技术3DES算法,为低成本一次性票证提供了高级别认证与防伪解决方案,但是由于额外增加了成本,目前出货量还很少。

## 2 单品级UHF RFID及主要技术规范

传统UHF RFID应用主要集中在远距离识别方面,例如铁路车号识别、智能货盘货架、车辆管理等。近年来随着近场UHF RFID技术的兴起,UHF标签已逐渐渗透到原本HF标签所擅长的单品级(Item Level Tagging)应用领域,例如无源超高频单品级标签在百货零售业得到迅速部署。可以说单品级UHF RFID将成为未来发展趋势已得到普遍认可。

超高频(UHF)RFID的工作频段主要集中在860 MHz~960 MHz,2007年信息产业部颁布了800 MHz/900 MHz频段射频识别(RFID)技术应用规定(试行),国内分配给UHF RFID的频段分为840 MHz~845 MHz和920 MHz~925 MHz两个频段。就空中接口规范而言主要有ISO-18000-6和EPC Class1 gen2(下称EPC C1G2)协议。

### 2.1 更优的性能和更高的安全性

UHF RFID通过电磁耦合方式进行能量交换和数据传输,通过对阅读器和标签天线进行合理设计,利用磁分量进行近场通信是单品级UHF RFID应用的工作原理。由于UHF RFID的工作频率是HF的60倍,因此标签和阅读器之间的能量交换效率更高,这就意味着UHF RFID相对HF具有更高

的通信速度和可靠性,操作也相对更灵活。

符合EPC Class1 Gen2标准的芯片具有32位动态密码保护访问控制机制和自毁功能,因此通过合适的流程设计可以提供比现有HF Mifare-Ultralite芯片更高的安全特性。

另外可根据实际需要定制特殊的安全选项,如标签与阅读器之间的加密通信、芯片上定制私密存储空间与私密访问指令等,可进一步增强安全等级。

### 2.2 EPC C1G2 标签的成本优势

在天线制造成本方面,目前HF和UHF标签的天线大多采用在聚酯材料(PET)上通过蚀刻铝(铜)方式制造。由于HF标签天线采用多圈绕线跨桥结构,需要两层天线,而UHF Gen2标签仅需要单层天线,且天线的面积仅为HF标签的20%,因此在天线制造成本方面具有明显优势。由于单层天线结构,未来更可以采用导电油墨通过印刷方式制造天线,成本将进一步降低,如图1。

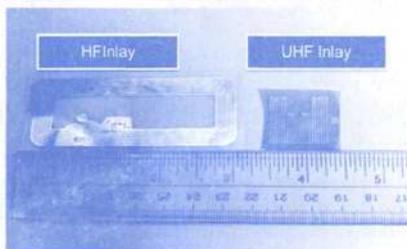


图1 广深线单程票采用的Inlay和UHF Inlay实际对比图

在芯片自身方面,由于UHF Gen2的芯片面积仅为HF的50%,并且UHF单品级应用的潜力巨大,海量的出货将进一步提升UHF Gen2芯片的成本优势,如图2。



图2 实际车票对比图

在芯片绑定工艺方面,由于HF Inlay多采用

NCP方式,即需要先将芯片生成钉状凸点,然后将凸点击穿天线焊盘,这种方式生产效率和可靠性均较低,单位成本较高。而UHF Gen2标签采用倒贴片(Flip chip)加导电胶(ACP或ICP)粘压技术或者直接采用倒贴片加焊接技术,生产工艺更为先进,并且产业升级潜力更大。目前国内有的厂家采用在片上天线技术(on chip antenna,OCA),即在芯片上植入一个小天线,然后与标签上的大天线进行耦合,这种方式一旦成熟,将进一步简化芯片邦定的工艺,降低后道工序的制作成本,见表1。

表1 UHF Gen2标签与目前广深线单程票使用HF标签的主要特性对比

特性对比	13.56 M单程票使用的标签	UHF Gen2标签	对比
芯片类型	NXP Mifare Ultralite 或国产兼容芯片	典型EPC C1 G2 芯片	
工作频率	13.56 M	工作频率为920 MHz~925 MHz (CHN), 902 MHz~928 MHz(FCC)	UHF频段带宽高,更经济
芯片面积	1mm <sup>2</sup>	0.5mm <sup>2</sup>	UHF芯片面积小一半
芯片工艺	0.18 μm 1P6 M	0.18 μm 1P3M	芯片金属层数少
天线结构	多圈绕线,跨桥结构双层天线	单层结构	天线结构简单,制造简单
天线面积	19cm <sup>2</sup>	4cm <sup>2</sup>	天线金属面积小
灵敏度	> 1.5 A/m	-16 dBm 低功耗	灵敏度高、通讯速度快、抗干扰性强
通讯速率	106 kbps	40 kbps~640 kbps	
抗冲突干扰	无	动态时序	
数据存储	单区存储	多区存储	更安全
数据加密	无	动态32 bits AccessPwd	
唯一TID	56 bits	64 bits	

综合以上,UHF Gen2标签在技术和安全性方面优于目前广深线单程票使用的HF标签,在成本方面具有绝对优势,经测算,初期如按照1500万张/年计算,UHF电子客票的采购成本可控制在0.6元/张以内,未来完全可控制在0.5元/张以内。

### 3 广深线AFC系统的改造

广深线单程票采用UHF标签需要对AFC系统的RFID阅读器进行相应的改造,主要涉及制票机和闸机。制票机相对简单,只需更换UHF阅读器和适当修改软件即可。闸机由于要同时受理13.56 M的金融IC卡和铁路储值卡,因此闸机的天线需要进行特殊处理:闸机加装的UHF阅读器

天线必须和现有HF阅读器的天线紧密集成在一起,共用一个天线外壳,如图3。

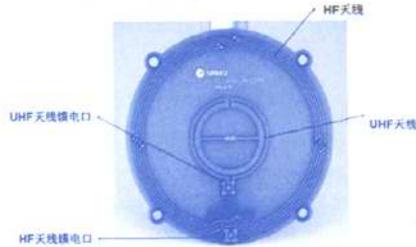


图3 特殊处理后的闸机天线

### 4 实验室测试结果

广深AFC实验室曾对2种Inlay票卷,共计4000多张UHF RFID电子客票进行制票、进闸、出闸全流程实际测试。制票采用测试程序,进出闸机采用模拟实际环境进行测试,进出闸业务规则与目前生产闸机保持一致。测试结果表明:(1)制票机UHF读写卡器安装方式与13.56 M读写卡器保持一致,不需对制票机作结构性改动。(2)制票时电子标签读写正常,速度优于HF电子标签(HF约250 ms,UHF约为150 ms)。(3)进出闸时UHF标签的感应灵敏,最佳感应距离在天线正上方3 cm~7 cm之间,最大不超过15 cm,且方向性良好。(4)数据读写可靠性高,根据所测试的4000张UHF电子标签统计,平均出错率在0.5%以下。(5)进出闸规则判断准确:对成、孩、学、残等票种;对越站、重复进出闸等各种规则均通过测试。

### 5 结束语

根据目前UHF RFID技术的发展,UHF RFID电子客票技术完全满足广深线AFC系统单程票的技术要求,对现有设备的改造技术上风险可控,规模化应用后可进一步降低广深线的单程票成本,提高经济和社会效益,并具有良好的示范效应。

参考文献:

- [1] 史天运,王成.RFID技术在铁路客票系统中的应用[J].中国铁道科学,2009(6).
- [2] 王成,史天运,蒋秋华,等.基于RFID技术的铁路长期票和储值卡应用[J].铁路计算机应用,2008(5).