



# 项目 1

## 自动售检票系统（AFC）认知

国内城市轨道交通大发展促进了自动售检票系统（AFC）技术的发展。

本项目介绍了自动售检票发展的背景、概况，以及该技术的发展历程和发展方向，使学生对自动售检票系统有一个基本的认知，了解自动售检票系统运营管理模式和自动售检票系统信息源头——票卡媒介的相关知识。

### 任务 1.1

### 自动售检票系统（AFC）简介

#### 任务目标

- (1) 了解自动售检票系统发展的背景。
- (2) 熟悉自动售检票系统的概况。
- (3) 了解自动售检票系统的发展历程。
- (4) 了解自动售检票系统（AFC）技术发展的方向。

#### 1.1.1 自动售检票系统发展背景——城市轨道交通发展概况

交通运输对社会的发展具有深远的影响，它改变了人类的生活方式，并带动了区域经济的发展。而交通运输的重要组成部分——轨道交通则是其中的重要环节。高效、畅通的轨道交通是我国交通运输业发展规划的重要内容。

城市轨道交通是指具有固定线路、铺设固定轨道、配备运输车辆及服务设施等的城市交通设施。城市轨道交通是一个范围外延很大的概念，在国际上没有统一的定义。一般而言，广义的城市轨道交通包括城市铁路、有轨电车、地下铁道、轻轨交通、磁悬浮轨道交通等，是一个复杂而庞大的交通系统；狭义的城市轨道交通特指地下铁道、轻轨系统。

目前，随着我国经济的发展以及城市化的推进，地铁正在从一、二线城市推向三线城市。到 2020 年，符合国家建设地铁标准的城市还会增加，预计未来拟修造地铁（含轻轨）的三线城市大约有 50 个。

截至 2019 年 12 月 31 日，国家发改委批复建设城市轨道交通的城市包括北京、上海、广州等 44 座，113 个城轨规划，超过 11 657.94 千米。

从我国各城市的轨道交通制式情况来看，2019 年城市轨道交通开通地铁制式最多，有 42

条地铁新增运营线路，占比达到 79.25%，新增运营里程 827.73 千米，车站数 553 座；有 6 条现代有轨电车新增运营线路，占比为 11.32%，新增运营里程 76.97 千米，车站数 87 座；有 5 条市域快轨投入运营，占比为 9.43%，新增运营里程 119.42 千米，车站数 38 座。可见，地铁仍是目前各大城市轨道交通制式优先选择。如表 1-1 所示。

表 1-1 2019 年中国内地城市轨道交通新增运营线路统计表（按制式划分）

| 系统制式   | 新增运营线路数/条 | 新增运营里程/千米 | 车站数/座 |
|--------|-----------|-----------|-------|
| 地铁     | 42        | 827.74    | 553   |
| 现代有轨电车 | 6         | 76.97     | 87    |
| 市域快轨   | 5         | 119.42    | 38    |
| 合计     | 53        | 1024.12   | 678   |

截至 2019 年 12 月 31 日，国内共有 40 座城市开通城市轨道交通，运营线路总长度 6882.13 千米，车站数 4416 座。其中 2019 年新增运营线路总计 1024.12 千米，车站数 678 座。

据数据统计，2019 年我国城市轨道交通新增开工线路达 56 条，分布在北京等 23 座城市，城轨线路新开工里程 1474.31 千米，车站数 661 座。（摘自：RT 轨道交通《2019 年中国城市轨道交通市场数据报告》）

由此可见，2019 年，我国轨道交通行业发展又向前跨出了一大步。经过 50 年的努力，我国已成为轨道交通建设和运营的大国。

### 1.1.2 自动售检票系统概况

自动售检票系统，简称 AFC（Automatic Fare Collection）系统。是国际化大城市轨道交通运行中普遍应用的现代化联网收费系统。上海、北京、广州、天津、深圳、南京等大城市的轨道交通地铁车站都广泛使用了 AFC 系统，AFC 系统是城市轨道交通系统发展的一个趋势，也是城市信息化建设的一个重要体现。

自动售检票系统是融计算机技术、信息收集和处理技术、机械制造于一体的自动化售票、检票系统，具有很强的智能化功能的全封闭式系统，既要维护正常的乘客出入站的工作，也要保障运营企业的票款收入，科学地统计客流，为轨道交通的健康发展和科学运转提供基础支撑。

据 RT 轨道交通《2019 年城市轨道交通 AFC 系统市场报告》统计结果显示，目前我国内地已开通城市轨道交通运营总里程 6018.63 千米，车站总数 4416 座，车站设置闸机通道共计 78 991 个，设置售票机（含云购票机）共计 38 111 台，设置半自动售票机共计 11 416 台（来源：中国信息产业商会自动收费系统专业委员会）。

### 1.1.3 自动售检票系统的发展历程

1967 年，法国巴黎地铁安装了世界上第一套 AFC 系统。

国内轨道交通 AFC 系统的发展经历了从无到有的过程，随着计算机技术和软件的发展，我国城市轨道交通 AFC 系统和技术已与城市公共交通“一卡通”接轨，实现城市甚至城市区

间的“一卡通”。

1971年1月，北京地铁一期工程线路开始试运营，其后的近20年时间里，在国内乘坐地铁使用的都是纸质车票，没有自动售检票的设备，靠人工进行售检票（见图1-1、1-2）。

直到20世纪80年代末，上海地铁开始自主研制AFC系统，并在一号线的徐家汇等车站成功试用，结束了人工售检票的历史。



图 1-1 北京地铁早期照片

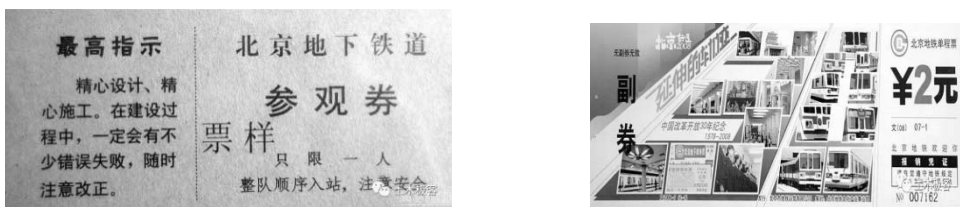


图 1-2 北京地铁纸质车票

从 AFC 系统发展历史来看，经历了三个阶段。

### 1. 引进+合作发展阶段（1993—2004 年）

当时国际著名的 AFC 专业厂家，如美国的寇比克（CUBIC）、法国的 CGA（后来被泰雷兹 Thales 收购）和日本信号（Nippon Signal）等，通过产品和系统的推介，将其 AFC 系统的技术特性推荐给了国内地铁公司。同时，香港地铁的成功运营经验也传授给内地地铁同行，这些都为广州地铁和上海地铁的 AFC 系统在建设之初就拥有严谨和基本完善的系统框架奠定了基础，2000 年前后，国内第一轮城市轨道交通建设高潮的到来，北京、上海、广州、大连、天津、深圳、武汉、重庆和南京的城市轨道交通项目陆续上马。

### 2. 国产化阶段（2004—2015 年）

1999 年，国务院办公厅转发国家计委《关于城市轨道交通设备国产化实施意见的通知》明确规定：城市轨道交通项目，无论使用何种建设资金，其全部轨道车辆和机电设备的平均国产化率要确保不低于 70%，对 AFC 系统的国产化提出了明确的要求。上海普天、上海华虹计通、上海华腾、南京熊猫、中软万维、方正国际、深圳现代、浙大网新、广电运通等厂家，在经历了国内组装、部件供应、合作开发等阶段之后，初步具备了独立设计和建造的能力，使 AFC 系统的国产化工作取得了重大进展。2003 年发布了《地铁设计规范》（GB 50157—2003），其中第十八章就是“自动售检票系统”，明确规定了 AFC 系统的功能和接口要求；2006 年发布了《城市轨道交通自动售检票系统工程质量验收规范》（GB 50381—2006），明确了 AFC

系统的工程质量规范以及验收流程和标准；2007年发布了《城市轨道交通自动售检票系统技术条件》(GB/T 20907—2007)，明确了AFC系统的五层架构体系以及各层架构的技术条件和接口要求；2011年发布了《城市轨道交通自动售检票系统检测技术规程》(CJJ/T 162—2011)，明确了五层架构体系下AFC设备单机测试和联机测试的规程。上述这些规范的制定，使AFC在国家层面上形成了一套涵盖设计、建造、检测和验收全过程的标准体系。目前，国内AFC企业已经掌握了AFC系统的核心技术，能够自主开发全套应用软件，具备专用设备的整机与模块的设计和生产能力。各企业之间分工合作、各有侧重，大致分为以下几种类型：

(1) 系统集成企业，如上海普天、上海华虹计通、中软华腾、南京熊猫信息、中软万维、方正国际、深圳高新现代、浙大网新、新科佳都等。

(2) 设备生产企业，如广电运通、上海华铭、上海怡力、苏州雷格特、青岛博宁福田等。

(3) 专用模块生产商，如艾弗世、固力保、深圳雄帝、深圳德卡、北京迪科等。

(4) 国外专用设备和专用模块的国内代理，提供纸币识别模块、硬币识别模块以及扇门模块等专用模块，如南方银通、德银、金瑞致达等。

(5) AFC专业维护服务商，如锦源汇智、南方银通、北京地铁科技、广电运通等。

### 3. “互联网+”发展阶段（2015年以后）

2008年7月，广州地铁与中国移动合作，在闸机上开通手机支付，乘客使用NFC（近场通信）手机或者装用特制SIM卡的手机直接刷手机过闸，但是由于各种原因，这个项目没有向乘客全面推广使用。2015年6月，寇比克在伦敦地铁的闸机上测试刷VISA、万事达、Apple Pay等电子票证方式过闸功能。与此同时，国内业主单位和供货商也将互联网等新技术运用到AFC系统上。2014年，就有国内厂商在AFC年会上提出二维码和移动支付等技术在AFC系统上的应用。2015年底广州和深圳两个城市先后上线了基于互联网支付技术的云售取票机设备。2016年，广州地铁陆续开通了二维码/银联/NFC过闸功能；上海、北京、深圳、苏州、宁波、长沙、南宁等20多个城市地铁也在2016—2017年陆续开通了App+现场取票或者使用移动支付在TVM（自动售票机）购票或者刷手机过闸等功能。

## 1.1.4 AFC技术发展展望

AFC系统是服务乘客的全封闭系统，是衡量地铁乘客服务质量的“标尺”。地铁业主、集成商和设备生产商都在积极进行各种尝试，使AFC系统更好用、更易用、更耐用，最大限度地为乘客提供良好的出行服务。随着移动支付、大数据、云计算技术的快速发展，原来的各种设想都变成了现实。自动售检票系统主要的技术创新可以从以下几方面来展望。

### 1. 互联网+大环境下的快捷支付方式频增

随着银联云闪付、手机NFC、支付宝、微信甚至刷脸支付等各种支付方式的出现，新的支付技术有效解决了购票效率低、客流高峰期排队购票时间长、车票单次使用成本大等问题，同时也为不常用地铁出行的乘客（包括外地乘客）提供了更多便捷的出行体验。据RT轨道交通《2019年城市轨道交通AFC系统市场报告》统计结果显示，目前已开通轨道交通的38个城市均实现了互联网支付功能，包括互联网购/取票、扫码过闸，以及手机NFC过闸等。以互

联网支付技术应用为契机，各地铁公司或选择自建互联网票务平台与官方 App，或选择利用主流互联网支付方式实现地铁出行的便利。目前，各地铁公司采用的互联网购票支付入口主要包括地铁官方 App、商业银行 App、银联云闪付、支付宝、微信等五种。

## 2. AFC 系统设备的变化

随着互联网取票、移动支付购票和手机扫码（蓝牙）过闸的应用，AFC 系统设备也发生了相应的变化，如出现了云闸机（iAG）、云售票机或者互联网取票机（iTVM）、智能客服机（iBOM）和云票务平台等新的设备和新系统。

变化之一是现场设备功能更强大，但结构简化。iAG、iTVM 和 iBOM 不仅能处理传统的车票业务，还可以要求兼容新兴的各种支付方式，如二维码技术、PBOC3.0、手机 NFC、银联闪付和 HCE 等技术。同时，为了实现与互联网的实时通信，部分设备还具备移动网络通信功能。但与此同时，设备的机构却越来越简单。如 iTVM 省去了识别和找兑现金的纸币和硬币模块，iAG 不再需要考虑回收单程票，省去了复杂、笨重的车票回收模块，有的厂家甚至用一台 PAD 控制一个门模块来完成原来需要很多模块组合才能完成的功能。

变化之二是系统结构发生了变化，对网络依赖越来越强。新的 AFC 系统采用“互联网+”的模式，将移动通信、物联网、互联网计算技术、人工智能技术与传统的系统相结合，打造适合未来发展趋势的 iAFC。由于移动支付和互联网+的紧密关联，AFC 系统更加依赖互联网与第三方支付平台和 App 平台等进行数据交互，对 AFC 系统的可靠性、安全性、实时性和开放性的要求越来越高。针对这些变化，各地 AFC 系统在升级改造时对地铁内部通信传输网络进行了加强或调整，实现双联路通信，保证数据传输的可靠性。同时，在原来 AFC 系统五层传统架构下，增加互联网票务管理平台，实现与外部的支付平台、第三方业务平台对接，以将客流和交易数据传回到现有 AFC 系统，实现数据的汇总和清分，如图 1-3 所示。

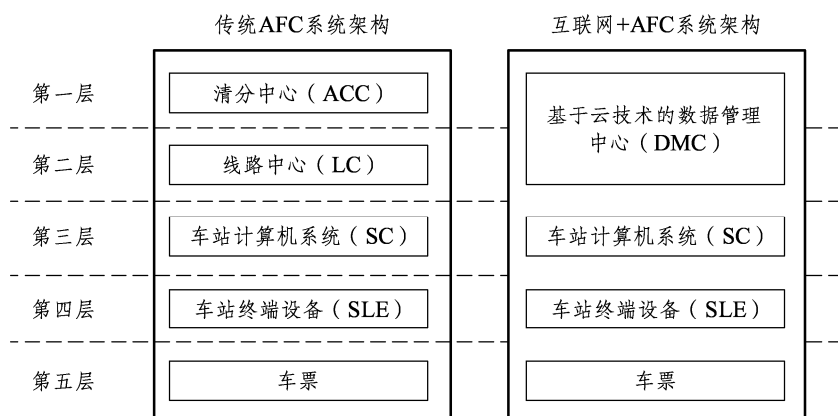


图 1-3 传统 AFC 系统与互联网+AFC 系统架构

## 3. 新集成商出现，带来新的冲突和调整

在互联网+的冲击下，AFC 供应商中出现了一批带有互联网行业或者金融行业背景的公司，他们成功地获得了一些互联网+AFC 的改造项目，如腾讯在深圳、阿里在杭州、小码联城在西安、八维通在无锡和福州、优城在宁波、如易行在北京、佳都数据在广州的项目等。这

些公司有很强的资源支持，有的已经在各地布局公交的移动支付，有的则有银联、阿里、腾讯等互联网企业的支持，对传统的 AFC 集成商将构成不小的冲击，迫使各集成商做相应的调整。

#### 4. 旧系统需要不断升级改造

由于新技术的不断出现，已建成的 AFC 系统急需升级改造。新的改造项目对 AFC 生产厂家来说是好事，但是对于 AFC 运营管理者来说却是一件“烦心事”，AFC 系统刚建成并稳定运行，新的需求却又出现了。一方面要立项找资金，另一方面要调研确定改造升级技术路线，在保证系统正常运营的情况下，尽量悄无声息地完成升级改造。

#### 5. 乘车实名制、票检一体化

随着轨道交通行业的快速发展，地铁客运量与日俱增，如何增强公共交通搭乘安全指数，保障市民乘客上下班健康安全成为新的关注点。尤其是 2020 年 1 月份以来，国内爆发的新冠肺炎疫情防控进入关键期，通过实名制可以达到乘客出行信息可查询可追溯的目的，从而确定同行者中是否已有人被新型冠状病毒感染或是病例的密切接触者。可以利用人脸识别等生物识别技术，推行地铁乘车实名制，帮助构建信用后付费的体系，从而建成更加智能、便捷、高效的 AFC 系统。2020 年 2 月 16 日起，深圳地铁全线网将全面启用实名制乘车，以确保地铁乘客信息可查询可追溯，实现重点疑似人员行程轨迹的有效跟踪，保障市民乘客健康、安全出行。2020 年 2 月 17 日，广州地铁宣布实行扫码实名乘车。2020 年 2 月 18 日起，青岛市公共交通和出租车行业实行实名制。

综上所述，智能技术的飞跃发展，将使 AFC 的未来有更多的变化，AFC 行业也将迎来更加繁荣、宽广的发展天地。

## 任务 1.2

## 自动售检票系统的定义与组成

### 任务目标

- (1) 理解自动售检票系统的定义。
- (2) 掌握自动售检票系统的组成。

随着现代化都市的发展，各种城市交通混合运营，急需解决现代化运营过程面临的诸多问题，如业务支撑能力，城市公共交通自动收费模型的建立，如何清分、管理、协调等。因此建立现代城市交通自动收费系统势在必行，而能够支持路网化运营管理的 AFC 系统则是城市交通自动收费系统的核心所在。基于路网化的城市交通自动收费系统模型如图 1-4 所示。

AFC 系统是城市轨道交通为社会提供服务的窗口，是运营收益核算的信息源点，AFC 系统的主要目的是解决自动售票、检票，提供更为灵活的收费方式和票务管理手段；针对多家运营商路网运营，履行路网内票务管理、收益管理等功能，使运营企业在成本、质量、服务等方面获得巨大的改善。

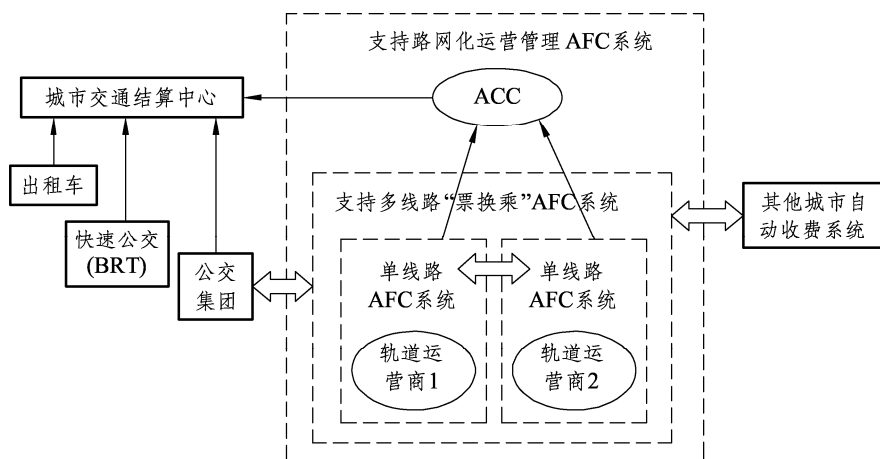


图 1-4 城市交通自动收费系统模型

### 1.2.1 自动售检票系统定义

自动售检票系统，即 Automatic Fare Collection system，简称 AFC 系统，是可以实现轨道交通售票、检票、计费、收费、统计、清分、管理等功能的全过程计程、计时的封闭式全自动收费系统。

### 1.2.2 自动售检票系统的组成

自动售检票系统主要由车站级设备和中央级设备组成，其中车站级设备有自动售票机（TVM）、进闸机、出闸机、双向闸机、票房售票机（BOM）、验票机（TCM）、手持式验票机（PCA）和车站计算机（SC），以及基于云技术出现的云闸机和云售票机等；中央级设备有编码分拣机（E/S）、线路中央计算机系统（LCC）、综合中央计算机系统（ICCS），以及基于云技术的数据管理中心（DMC）等。AFC 系统典型构成范例如图 1-5 所示。

AFC 系统的主要工作内容如下：

- （1）实现中央级系统、车站级系统和终端设备之间的数据传输和处理。
- （2）完成车票制作、售票、检票、票务统计等工作。
- （3）及时准确地进行客流、票务数据的收集、整理、汇总和分析。
- （4）实现城市轨道交通收益各方的清分结算及关联系统（如城市公交系统）等外部接口的清分结算，同时可通过银行或金融机构实现账务划拨。

从自动售检票系统的工作内容看，AFC 系统的具有发卡、售票、检票和结算四大功能。自动售检票系统向用户管理者提供一套封闭的管理系统，实现根据车票媒介上的信息完成对车票和旅客的合法性检查。

AFC 系统的优越性在于有利于提升轨道交通行业的社会形象和服务区域形象；有利于提高运营管理水平，保障票务收益；有利于管理责任落实，保证交易数据和票务信息的安全；有利于简化操作，方便出行，提高乘客的出行效率；有利于提供准确的客流及票务统计分析数据；有利于减少现金交易，人工记账及统计工作，提高准确率和效率。

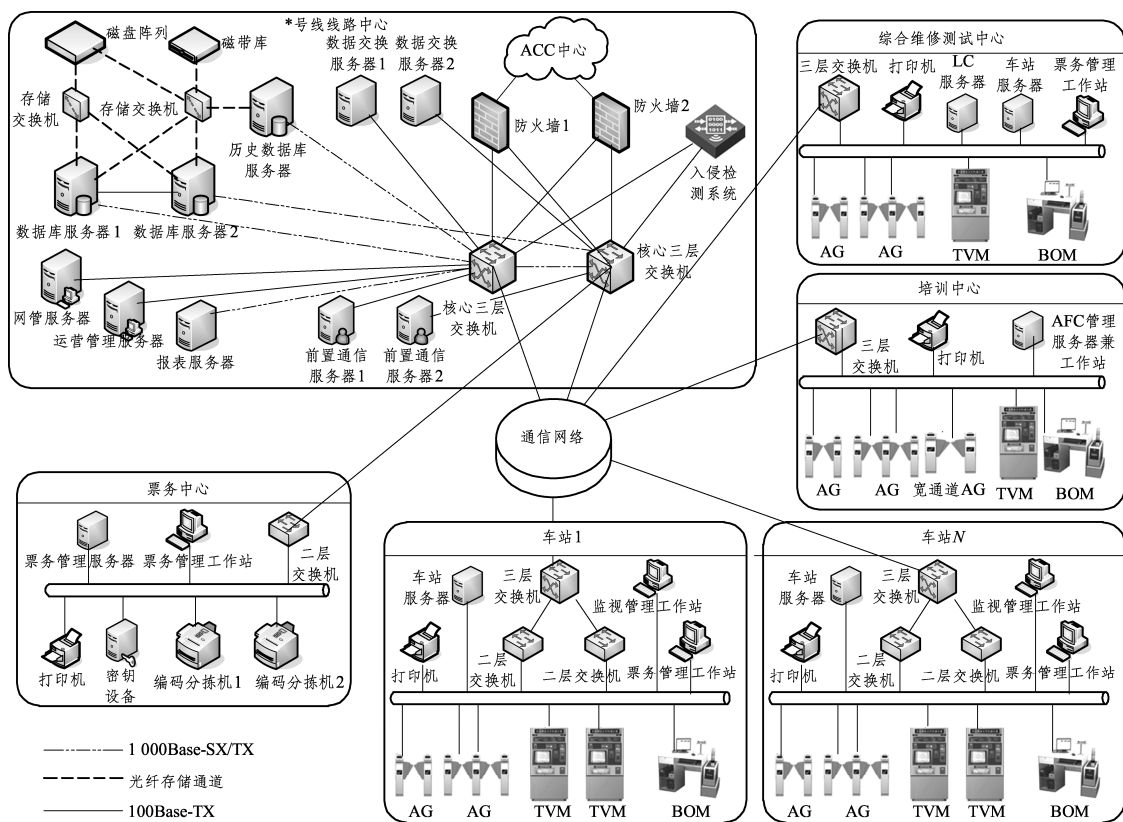


图 1-5 自动售检票系统典型构成

## 任务 1.3

# 自动售检票系统的结构与架构



自动售检票系统认知

### 任务目标

- (1) 掌握自动售检票系统的结构。
- (2) 掌握自动售检票系统的架构。

### 1.3.1 自动售检票系统的结构

系统的层次结构是按照 AFC 系统全封闭的运行方式，以计程、计时收费模式为基础，采用非接触式 IC 卡为车票介质的组成原则，根据各层次设备和子系统各自的功能、管理职能和所处的位置进行划分。

城市轨道交通自动售检票系统可划分为车票、车站终端设备、车站计算机系统、线路计算机系统、清分中心系统五个层次结构，如图 1-6 所示。

目前确定的五层次结构形式是基于我国现有国情和城市发展现状，综合考虑轨道交通建设的特点而设置。结构上具有伸缩延展性。近年来，基于互联网技术的迅猛发展，已有将互



联网+云技术融入 AFC 系统，线路计算机系统和清分中心系统整合成基于云技术的数据管理中心（DMC）的四层次架构出现，本书仍然基于自动售检票系统的物理架构按五个层次来讲述。

各层次必须实现的功能与要求如下：

### 1. 第五层：票卡级（IC）

车票是乘客所持的车费支付媒介，第五层必须规定各种类型车票的物理特性、电气特性、应用文件组织以及安全机制等技术要求。规格采用 ISO14443 TYPE A 标准，预留规格应符合 ISO 14443 TYPE B 标准。车票媒介决定车站设备的选型，因此，确定车票媒介是一个非常重要的环节。目前选择非接触式智能卡（以下简称 IC 卡）最为普通。

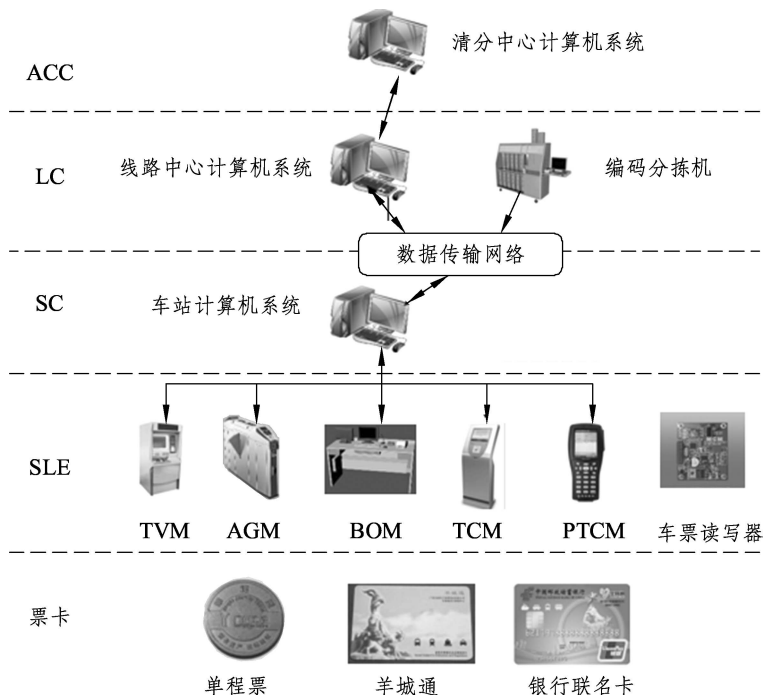


图 1-6 自动售检票系统整体层次结构

### 2. 第四层：设备级（SLE）

第四层设备是指车站终端设备，安装在地铁各车站站厅层，作用是直接为乘客提供售检票服务。第四层必须规定车站各终端设备及设备运营管理的技术要求。

车站终端设备根据 AFC 系统的票务规则验证车票的合法性，进行车票费用处理，收集票务信息并上传车站计算机系统，同时接收车站计算机下发的命令和参数。

### 3. 第三层：车站级（SC）

第三层车站计算机系统的作用是针对第四层车站终端设备进行状态监控、以及收集本站产生的交易和审计数据。第三层必须规定系统的数据管理、运营管理及系统维护管理的技术要求。

### 4. 第二层：线路级（LC）

第二层线路中心计算机系统是 AFC 系统的核心。其作用一是参数管理，接收从 ACC 下

发的参数，并管理本线路的参数；二是设备管理，定义并管理本线路下的所有车站和设备；三是存储并处理所有来自 AFC 现场设备和票务中心的数据、形成报告、发送参数、对 AFC 设备的软件升级（通过 SC）并控制 AFC 系统所有的操作功能。第二层必须规定对该线路的车票票务管理、运营管理及系统维护的技术要求。

### 5. 第一层：清分级（ACC）

第一层清分系统建立在城市轨道交通的各条线路中心系统（LC）之上，负责地铁系统内部各条线路之间的清分，以及与城市一卡通等其他清分中心系统的清分；处理和其他商业实体之间的财务清算。因此其作用是统一城市轨道交通 AFC 系统内部的各种运行数据，收集城市轨道交通 AFC 系统产生的交易和审计数据并进行数据清分和对账，负责连接城市轨道交通 AFC 系统和城市一卡通清分系统。第一层必须规定对车票管理、票务管理、运营管理和系统维护管理的 technical 要求。

## 1.3.2 自动售检票系统的基本架构

自动售检票系统的基本架构是根据城市轨道交通路网中的投资主体、运营管理、换乘方式、轨道交通线路的构成及票务处理、票务分析和票务结算系统的需求来设计的。常规的基本架构有线路式架构、分散式架构、区域式架构、完全集中式架构和分级集中式架构。

### 1. 线路式架构

线路式架构是在每条运营线建有一套独立的自动售检票系统，如图 1-7 所示。运营线路之间的票务信息不共享，因此无法满足站内跨线换乘票务清分的应用需求。

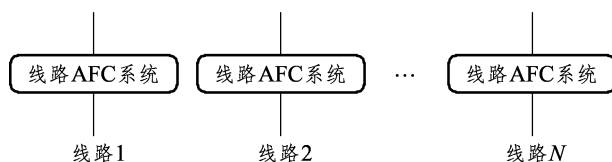


图 1-7 线路式架构

线路式架构适用范围：单线式轨道交通线路和分离式轨道交通线路。

### 2. 分散式架构

分散式架构如图 1-8 所示。

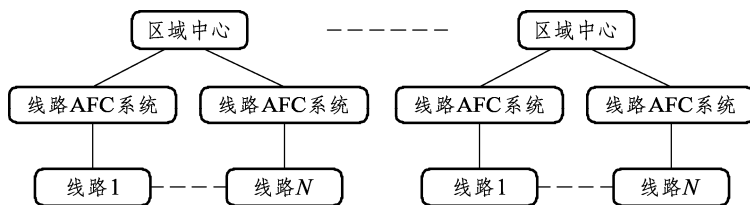


图 1-8 分散式架构

分散式架构的特点：

- (1) 轨道交通网络由若干个区域构成，各个区域相互独立。
- (2) 每个区域由若干条线路组成。

(3) 由区域中心负责获取所管辖范围内线路交易数据, 各线路换乘结算模式, 各线路跨线交易和清分。

分散式架构适用于条状形区域管理的轨道交通线路或由一个投资和运营方管理的多条轨道交通线路。

### 3. 区域式架构

区域式架构是在分散式架构和独立线路架构基础上设置一个路网中心, 如图 1-9 所示。由区域中心负责获取所管辖的交易数据, 以及其范围内各线路(跨线线路)的换乘清分与结算。路网中心负责全路网交易数据, 确定区域中心和其他线路的换乘结算方式和公共接口, 对区域中心和其他线路交易进行清分。路网中心具有转发数据、对账和结算等功能。

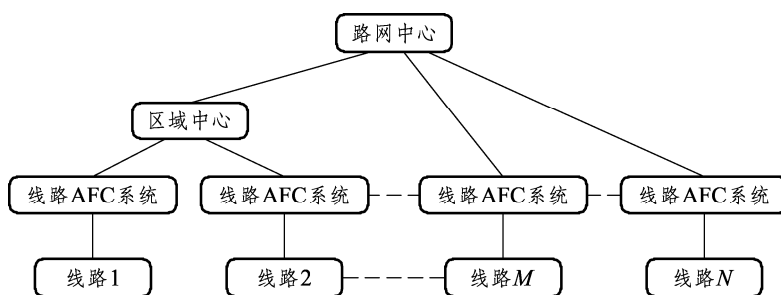


图 1-9 区域式架构

区域式架构适用范围:

- (1) 区域式轨道交通线路。
- (2) 独立式轨道交通线路。

### 4. 完全集中式架构

完全集中式架构不设置线路中央系统, 如图 1-10 所示。

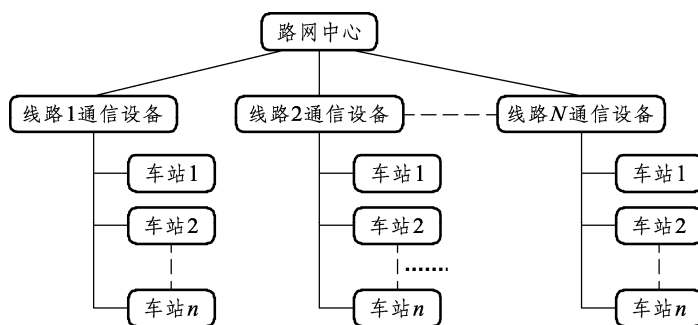


图 1-10 完全集中式架构

完全集中式架构的特点如下:

- (1) 完全集中式架构不设置线路中央系统进行清分处理。
- (2) 路网中心代替线路中央系统对各线路清分、统计和管理等。
- (3) 路网中心负责所有线路外部卡交易数据的收集、转发、处理、清分, 负责车票统一

编码和管理。

完全集中式架构适用于多个独立的运营商管理线路。

### 5. 分级集中式架构

分级集中式架构是在线路式架构的基础上设置一个路网中心，如图 1-11 所示。路网中心直接与各独立线路售票系统的线路中央计算机系统连接。路网中心负责交易数据，确定各线路换乘结算方式和数据公共接口，对跨线交易实时清分。

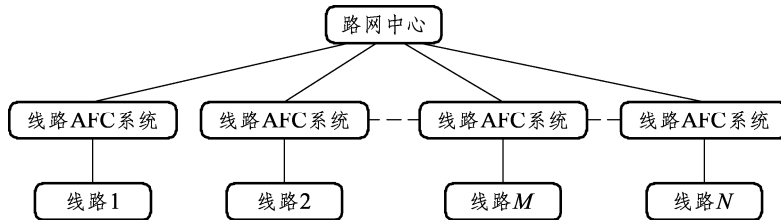


图 1-11 分级集中式架构

以上五种 AFC 系统架构各有优缺点，如表 1-2 所示。

表 1-2 系统架构优缺点

| 系统架构 | 线路式                    | 分散式                                | 区域式                          | 完全集中式  | 分级集中式               |
|------|------------------------|------------------------------------|------------------------------|--|---------------------|
| 优点   | 系统架构简单                 | 系统架构简单，数据处理量小，可实现区域内线路间换乘          | 实现区域式管理，能将原有简单线路式系统进行统一管理和过渡 | 系统架构简单，线路扩展方便，投资少                                    | 系统架构合理，满足路网规划需要，投资少 |
| 缺点   | 难以适应路网规划，无法实现路网间换乘     | 难以适应路网规划，无法实现区域间换乘                 | 系统架构复杂，查询和统计处理数据量大           | 增加清分和运营管理的复杂性，数据处理量大，对清分中心设备要求高，可靠性低于分级集中式。与路网规划存在冲突 | 清分处理数据量大，对清分中心设备要求高 |
| 适用范围 | 独立的单线式轨道交通线路或分离式轨道交通线路 | 条形区域管理的轨道交通线路或由一个投资和运营方管理的多条轨道交通线路 | 区域式轨道交通线路和独立式轨道交通线路          | 多个独立的运营商管理线路   | 适应范围广               |

由于各种架构都有其优缺点，城市轨道交通系统在设计选择架构时必须考虑以下因素：

- (1) 符合轨道交通的战略目标和发展规划。
- (2) 满足路网换乘便利。
- (3) 满足票务结算的需求。
- (4) 提高运营管理效率。
- (5) AFC 系统稳定性好，具有较强适应性。
- (6) AFC 系统应具有较好经济性。

**任务目标**

- (1) 熟悉自动售检票系统的运行管理模式。
- (2) 了解自动售检票系统运营管理模式的组合运用。

城市轨道交通系统在不同运营情况下，需要自动售检票系统切换不同的运营管理模式。自动售检票系统包括三种运营管理模式：正常运营模式、降级运营模式和紧急放行模式。通常情况下，自动售检票系统在正常运营模式下自动运行。

### 1.4.1 正常运营模式

正常运行模式是系统默认模式，包括正常服务模式 and 关闭服务模式。正常服务模式下进行正常的售票、补票、检票等处理。关闭服务模式下，不对车票进行任何处理。

#### 1. 正常服务模式

在通常情况下，自动售检票系统在正常运营模式（即系统默认模式）下自动运行。在该模式下，车站所有终端设备（票房售票机除外，需要操作员登录启动才能进入正常模式）通过中央计算机系统、车站计算机系统及本地控制正常启动和运行。正常模式下，AFC 系统设备正常运行，可以实现发卡、售票、检票及清分功能。表现在车站设备能处理乘客车票、发售车票或处理现金；检票机方向指示灯显示“通行”标志；各设备的乘客显示器显示允许使用等信息。

#### 2. 关闭模式

通过中央计算机、车站计算机及检票机本地控制，可将检票机、自动售票机设为关闭模式。票房售票机未登录时为关闭模式。

表现在所有车站设备不能处理乘客车票、发售车票或处理现金；检票机扇门关闭，方向指示灯显示“禁止”标志；各设备的乘客显示器显示关闭及暂停使用等信息。

### 1.4.2 降级运营模式

降级运营模式是在轨道交通运营发生异常情况时采用的特殊的运行模式。当城市轨道交通发生火灾、爆炸、供电系统故障、运营列车故障等事故时，根据突发事件的具体情况，AFC 系统启用适当的、事先设定的非正常运行模式，不仅能够有助于事故救援，确保乘客人身安全，同时还能最大限度地配合运营方案的调整，将事故影响范围缩小。

非正常运行模式指令可从 AFC 系统中央计算机或车站计算机发出，自动检票机（AGM）、自动售票机（ATVM）以及票房售票机（BOM）接收到指令后，将按照相应的模式要求，改变其工作状态或工作方式，以满足轨道交通运营的需要。

由于运营故障的多样性，该运营模式又需要细分，如维护模式、车站设备故障模式、列车故障模式、降级模式等。

### 1. 维护模式

通过本地控制，车站维护人员可将车站终端设备如自动检票机、自动售票机等设置成维护模式，再对检票或售票设备进行测试和维护。

在维护模式下，所有设备不能处理车票及现金，但在特定命令下可以使用测试车票。自动检票机方向指示灯显示“禁止通行”标志，检票机处于关闭状态。各设备的乘客显示器显示暂停服务及相关维护信息。

### 2. 车站设备故障模式

车站设备发生故障时，设备自动进入故障模式。

故障模式下，维修人员根据各自权限等级将设备关闭或继续服务。

故障模式下会出现以下情况：

- (1) 设备无论处于暂停服务或服务状态，乘客显示屏显示有关故障代码。
- (2) 设备因故障出现暂停服务时，乘客显示屏显示故障信息及暂停服务等。
- (3) 检票机方向指示灯显示“禁止”标志，检票机处于关闭状态，设备能自动对发生的故障进行检测。
- (4) 故障恢复后，自动退出故障模式。

### 3. 列车故障模式

由于列车发生故障无法继续行驶而滞留在某区间或车站，部分车站正常运营受到影响，此时，这些车站的 AFC 系统则启动列车故障模式。

如上行方向有一列车运行至某站时发生故障无法继续行驶，可能造成上行方向该站及其后续各站的运营较长时间中断，乘客考虑改用地面交通。此时，该站及其后续车站的 AFC 系统启用列车故障模式。

(1) 车站启用列车故障模式后，出站闸机对车票做以下处理：单程票均不回收，并在车票中写入出站码和列车故障模式信息；储值票均不扣费，并在车票中写入出站码和列车故障模式信息。

(2) 车站的列车故障模式取消后，按照系统参数所设定的时段（如 7 天）内，有列车故障模式信息的单程票和储值票可在该运营线路的任何一个车站直接进站使用；出站时，根据实际车费进行检查，不足部分需补交。

### 4. 降级模式

#### 1) 进出站次序免检模式

当车站出现大客流集中进站，造成乘客拥挤时，车站 AFC 系统会启用进出站次序免检模式，开启站内进站闸机，乘客无须将车票经闸机处理便可直接进站。同时，AFC 中央系统立即将该信息下发到相关运营线路的各个车站。当各车站出站闸机检查到无进站信息的车票，将其作为某站进站的车票进行处理，车费不足部分需补交。若某一时段同时有 2 个或 2 个以

上车站启用进出站次序免检模式，出站闸机将按其中车费最低的车站进行处理。

进出站次序免检模式结束后，相关车站对无进站信息车票的处理需根据所设定的参数（如 2 h）延长一段时间后方可取消，确保乘客顺利出站。

#### 2) 超程免检模式

当车站因突发事件而暂时关闭，列车不能在该站停车导致列车跳停后续车站停车时，需对该站上行方向的后续车站和下行方向的后续车站的 AFC 系统设置超程免检模式。

上下行后续车站出站闸机仅检查车票的相关进站信息（进站码、进站时间等），而忽略车票内的金额（不做超程检查）。单程票回收，储值票按最低票价扣费，确保因列车跳停导致超程的乘客顺利出站。

#### 3) 超时免检模式

由于列车延误等原因，造成大量车票超时乘客无法出站时，相关车站 AFC 系统需启用超时免检模式。超时免检模式生效后，出站闸机将忽略车票的进站时间信息（不做超时判断），但仍对进站码、进站日期、车票金额等进行检查，并按照正常票价扣费，不足部分需补交。

#### 4) 日期免检模式

由于 AFC 系统时钟出错等原因，造成大量车票过期乘客无法出站时，相关车站 AFC 系统需启用日期免检模式。日期免检模式生效后，出站闸机将忽略车票的有效期信息，但仍对进站码、进站时间、车票金额等进行检查，并按照正常票价扣费，不足部分需补交。

### 1.4.3 紧急运营模式

当车站发生火灾、爆炸等事故时，需立即疏散站内乘客。此时，车站启用紧急放行模式。可在中央计算机或发生事故的车站计算机上完成模式设置，也可通过该车站车控室内 AFC 系统配置的紧急按钮实现紧急放行模式指令的下发并实施。

（1）事故车站的站内设备接收到指令后，开启站内所有闸机通道，确保乘客无障碍、快速离开付费区（AGM 不对车票进行处理）。AGM 付费区均显示“通行”标志，非付费区内均显示“禁止通行”标志；TVM 进入暂停服务状态；操作员界面出现紧急放行模式信息，提示操作员退出服务。

（2）AFC 中央计算机系统立即将该信息下发到与事故车站相关的运营线路的车站，相关车站内的 AGM 对车票进行正常处理，TVM、BOM 停止发售到事故站的车票。

（3）当车站紧急放行模式取消后，按照系统参数所设定的时段（如 7 天）内，符合以下条件的车票可在事故车站所属的运营线路中的任何一个车站直接进站使用：

① 事故车站启用紧急放行模式之前售出的单程票。

② 启用紧急放行模式之前，有事故车站当天的进闸标记、进站日期和时间的储值票。指这些票出站时，根据实际车费进行检查，不足部分需补交。

### 1.4.4 运营模式组合

为适应轨道交通运营中出现的各种异常情况，AFC 系统的非正常模式可进行组合使用，以便有效提高轨道交通的安全保障能力和运营服务质量。模式的组合如下所述。

- (1) 超程免检模式+超时无检模式。
- (2) 超程免检模式+日期免检模式。
- (3) 超程免检模式+进出站次序免检模式。
- (4) 超程免检模式+超时无检模式+日期免检模式。
- (5) 超程免检模式+超时无检模式+进出站次序免检模式。
- (6) 超程免检模式+日期免检模式+进出站次序免检模式。
- (7) 超程免检模式+超时无检模式+日期免检模式+进出站次序免检模式。
- (8) 超时无检模式+日期免检模式。
- (9) 超时无检模式+进出站次序免检模式。
- (10) 日期免检模式+进出站次序免检模式。
- (11) 超时无检模式+日期免检模式+进出站次序免检模式。

组合模式中，各模式相互独立运作，发挥各自作用。组合中含有超程免检模式的，出站时闸机均按最低票价扣费。列车故障模式在非正常运行模式中等级高于超程免检模式、进出站次序免检模式、超时无检模式和日期免检模式；当列车故障模式启用时，闸机按照该模式对车票进行处理。

## 任务 1.5 城市轨道交通票卡媒介

### 任务目标

- (1) 了解车票发展历程。
- (2) 熟悉车票的分类。
- (3) 熟悉车票术语。
- (4) 掌握车票的发行与使用流程。
- (5) 掌握车票的使用管理。

乘坐任何公共交通工具（如飞机、火车、地铁、公交车等）都必须购买车票。车票直接面对乘客，是乘客乘车的合法性凭证。车票从购买开始，记载了一次完整行程所需要的费用、时间、乘车区间等信息。

票卡媒介属于轨道交通 AFC 系统架构的第五层。是所有信息的源头。

在轨道交通系统中，售检票方式取决于不同的票卡媒介和设备。常见的轨道交通售检票方式有印制纸票人工售检票系统、印制纸票半自动售检票系统、一次性磁票自动（半自动）售检票系统、重复使用磁票自动（半自动）售检票系统、接触式智能卡自动（半自动）售检票系统、非接触式智能卡自动（半自动）售检票系统。以上六种售检票方式中采用的票卡媒介有纸质车票、条形码车票、单程磁卡、储值磁卡、接触式 IC 卡、非接触式 IC 卡。票卡不同，终端设备也不同，售检票模式也会变化。

根据售检票作业环境的不同，可以分为开放式售检票和封闭式售检票。



## 1. 开放式售检票

开放式售检票是指在车站不设检票口，乘客上车前（指进入付费区）或在列车上检票并随机查票的作业方式。一般适用于客流量较小的系统且要求乘客有较高的素质。

## 2. 封闭式售检票

封闭式售检票是指在乘客进出付费区前都要经过检票口检票的作业方式，一般分为人工售检票、半自动售检票和自动售检票三种。

### 1.5.1 车票发展历程

车票是乘客乘车的重要凭证，形式也多种多样。伴随轨道交通的发展，城轨车票经历了不同的发展历程。总结起来大致可分为四个阶段。

（1）轨道交通运营初期阶段。我国第一条地铁于1971年在北京建成通车，采用纸质车票。从1971年到2008年，纸票一直是最重要的票卡媒介。

（2）自动售检票系统的初始阶段。1999年，内地第一套地铁磁卡制式AFC系统在上海地铁一号线开通使用，票卡媒介由纸票向磁卡车票过渡。

（3）现代化联网收费系统阶段。2002年，内地第一个IC卡制式的地铁AFC系统在广州地铁二号线开通应用。票卡媒介从磁卡车票转变为智能卡车票。

（4）互联网+阶段。近年来随着智能手机的普及，手机已成为人们重要的通信工具，以手机作为支付媒介的手机支付成为发展的焦点，车票媒介进入新阶段。

### 1.5.2 车票分类

不同车票媒介依托的技术不同，记载信息的方式和数量不尽相同，导致识别的方式不一样，识别的终端设备也各不相同。就城市轨道交通来说，这会影响到AFC系统架构和车站终端设备的选择。常用的车票媒介识别方式有人工和自动识别两种。

常见的票卡媒介有四种，如图1-11所示。

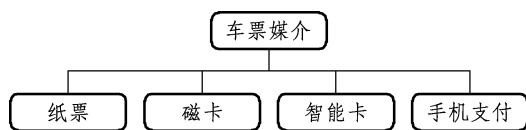


图 1-11 常见票卡媒介

#### 1. 纸质车票

纸质车票可分为普通车票和条形码（包括二维码）纸票，普通纸票是将车票的相关信息印制在票面（纸质）上，由票务人员视读确认。票面上的基本信息包括：车票编号、出票站点、乘车日期、乘车车次、乘车区间、票款金额、时间限制以及换乘信息等。条形码纸质车票在使用时通过检票设备读取车票信息。

纸票由存根、主券、进站副券和出站副券构成。在使用时存根留给地铁运营公司作为票款稽查使用，主券作为乘客报销纪念留用，进站副券和出站副券分别在进出站时由工作人员

检票用。纸票不能做储值票，只能做单程票或特殊用途的车票。

## 2. 磁卡车票

磁卡车票是一种利用磁记录介质完成记录的车票，如图 1-12 所示。

磁卡的一面带有提示性指导（如插卡方向），背面印着磁层或磁条，结构上由 2-3 个磁道组成，用来记录车票信息，如图 1-13 所示。磁卡上的磁条由铁性氧化粒子按一定规则排列，使用树脂黏合剂粘在纸或塑料材质的非磁基片上，形成了纸质磁性票卡或塑制磁性票卡。



(a) 磁卡单程票正面

(b) 磁卡单程票背面

图 1-12 磁卡

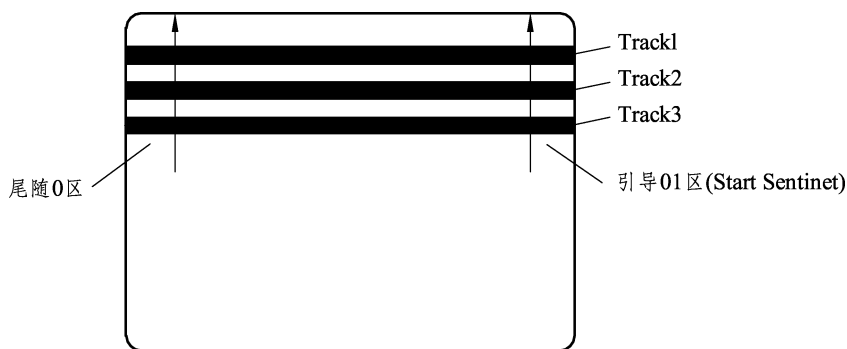


图 1-13 磁卡磁道分布

磁条与磁道说明如表 1-3 所示。

表 1-3 磁卡磁道说明

| 磁道  | 可记录的字符                               | 字符容量            | 读写说明                       |
|-----|--------------------------------------|-----------------|----------------------------|
| TK1 | 数字 (0~9) 字母 (A~Z) 和其他一些符号 (如括号、分隔符等) | 最大可记录 79 个数字或字母 | 在一般应用中为只读                  |
| TK2 | 数字 (0~9)                             | 最大可记录 40 个字符    | 在一般应用中为只读                  |
| TK3 | 数字 (0~9)                             | 最大可记录 107 个字符   | 在一般应用中既可以读出，也可以写入，信息是可以修改的 |

磁卡车票配合自动检票机使用，乘客只需按照方向指示刷卡进、出站。磁卡车票因自动化程度高和可循环使用的优势淘汰了纸质车票。但随着磁卡车票的应用，其弊端也逐渐显现，

如长期使用时容易消磁，需要额外维护成本；破解后不再安全，可以被伪造；使用时有一定难度，必须正确刷卡，有方向要求。因此，磁卡车票逐渐被智能卡车票取代。

### 3. 智能卡车票

#### 1) 智能卡车票综述

智能卡又称为集成电路卡或 IC 卡。英文为 Integrated Circuit Card 或 Smart Card。结构为标准的塑料基片内置集成电路芯片，卡面外观与磁卡车票相似。智能卡根据读写方式分类可分为接触式智能卡、非接触式智能卡和双界面卡。IC 卡有 TYPE A、B、C 卡三种标准选择。

ISO 委员会于 1997 年接受的标准是 ISO 14443A。这种标准技术最初由奥地利 MIKRON 公司开发，于 1996 年被 PHILIPS 所获取。1997 年 ISO 委员会批准了此标准。ISO 14443A 使用 100% 的信号调制深度，这意味着读写器需要停止辐射区域信号来定义时间周期。A 卡是先有技术和市场，后有标准。MOTOROLA 和 ST 公司发现这种调制不适合于需要连续时钟信号的微处理器操作，提出了一种使用 10% 信号深度的新的调制标准，这种技术标准可以提供连续的时钟信号。这个新的标准，即 ISO 14443B 被 ISO 委员会于 1998 年批准通过。B 卡是先有标准，后有技术和市场。SONY 公司的 Felica 系列卡在技术上有其独到的设计，接近于 TYPE B 标准，在香港八达通及亚洲许多大城市成功应用，在业内通称其为 TYPE C 技术。

TYPE A/B/C 卡的差异主要表现在由模拟信号向数字信号转变过程中的调制和编码两方面，如表 1-4 所示。

表 1-4 TYPE A/B/C 卡的差异

| IC 卡  | TYPE A   |            | TYPE B   |           | TYPE C     |            |
|-------|----------|------------|----------|-----------|------------|------------|
|       | PCD→PICC | PICC→PCD   | PCD→PICC | PICC→PCD  | PCD→PICC   | PICC→PCD   |
| 调制方式  | 100% ASK | OOK        | 10% ASK  | BPSK      | 10% ASK    | OOK        |
| 位编码方式 | 修正的米勒    | Manchester | NRZ      | NRZ       | Manchester | Manchester |
| 通信速率  | 106 kb/s | 106 kb/s   | 106 kb/s | 106 kb/s  | 212 kb/s   | 212 kb/s   |
| 副载波   | —        | 有，847 kHz  | —        | 有，847 kHz | —          | 无          |

注：ASK——Amplitude Shift Keying（振幅偏移键控法）；

BPSK——Binary Phase-Shift Keying（二进位相移键控法）；

OOK——ON/OFF Keying（开关键控法）；

NRZ——NON Return Zero（不归零）。

TYPE A/B/C 卡在技术特性上的主要优缺点如表 1-5 所示。

表 1-5 TYPE A/B/C 卡在技术特性上的主要优缺点

| 项目  | TYPE A   | TYPE B   | TYPE C  |
|-----|--|--|---|
| 信号层 | <p>优点：信息区分明显，受干扰的机会少，不容易误操作；</p> <p>缺点：信号是间断性的，电源能量可能会出现波动</p> | <p>优点：信号是连续的，不会出现能量的波动；</p> <p>缺点：信息区分不明显，相对来说易受外界干扰，会有误信号出现</p> | <p>优点：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 同 B；</li> <li>2. 由于不使用副载波，通信速度极快；</li> <li>3. 支持 ISO/IEC18092 的 NFC</li> </ol> |

续表

| 项目  | TYPE A  | TYPE B   | TYPE C  |
|-----|---|--|---|
| 防冲突 | <p>优点：防冲突特性可以控制在位（bit）层次上；</p> <p>缺点：典型常用的 M0/M1 卡通信帧中无 NDA，一次仅能处理一张卡</p> | <p>优点：通信帧中带有 NDA，可以同时处理多张卡；</p> <p>缺点：防冲突只能控制在信息（message）层次上</p> | <p>防冲突通过 TimeSlot 控制；一次仅能处理一张卡</p>                |
| 应用层 | <p>缺点：数据读写容易出错，容错设计复杂</p>   | —  | <p>1. 一次支持读写 8 个块的数据；</p> <p>2. 读写失败后具有自动恢复功能</p> |

TYPE A/B/C 卡的典型企业与产品如表 1-6 所示。

表 1-6 TYPE A/B/C 卡的典型公司及产品

| 标准     | 典型主流公司及其产品   |
|--------|--|
| TYPE A | <p>1. PHILIPS 和 Infineon 公司的 Mifare 系列产品，如 M11K（S50）、M14K（S70）、M0（Ultralight）、DESFIRE 等；</p> <p>2. Inside 公司的 A 版本 PICOPASS 产品；</p> <p>3. 复旦微电子/华虹的产品，如 FM11RF08/32、11FM11RF32 等</p> |
| TYPE B | MOTOROLA、ATMEL、TI、Inside 等公司所提供的产品，如 AT88RF02、PICOPASS 2K 等  |
| TYPE C | SONY 公司的 Felica 系列产品，如 RC-S831、RC-S833、RC-S860、RC-S919 等   |

TYPE A/B/C 卡的市场应用分布如表 1-7 所示。

表 1-7 TYPE A/B/C 卡的市场应用分布

| 城市    | 单程票                  | 储值票               | 标准                          |
|-------|----------------------|-------------------|-----------------------------|
| 北京    | Ultralight（M0）       | M1（S50）           | A—Mifare                    |
| 上海    | FM11RF005            | FM11RF08/32       | A—复旦/华虹                     |
| 广州    | AT88RF02, Ultralight | M1（S50）, FM11RF32 | A—Mifare/复旦, B—Atmel/Mifare |
| 武汉    | Ultralight（M0）       | M1（S50）           | A—Mifare                    |
| 重庆    | Ultralight（M0）       | M1（S50）           | A—Mifare                    |
| 大连    | Ultralight（M0）       | MifarePro（双界面）    | A—Mifare                    |
| 天津    | 磁卡                   | M1（S50）           | A—Mifare                    |
| 南京    | Ultralight（M0）       | Desfire           | A—Mifare                    |
| 深圳    | RC-S919              | RC-S831/833       | C—Felica                    |
| 香港    | 磁卡                   | RC-S831/833       | C—Felica                    |
| 新加坡   | Felica（卡式）           | Felica（卡式）        | C—Felica                    |
| 印度新得里 | Felica（Token 式）      |                   | C—Felica                    |

续表

| 城市   | 单程票          | 储值票         | 标准       |
|------|--------------|-------------|----------|
| 泰国曼谷 | —            | Felica (卡式) | C—Felica |
| 日本铁路 | 磁卡           | Felica (卡式) | C—Felica |
| 韩国光州 | 电子标签 Token 式 | M1 (S50)    | A—Mifare |
| 巴黎   | TYPE B (纸卡)  | TYPE B (纸卡) | B        |

TYPE A/B/C 卡的综合比较如表 1-8 所示。

表 1-8 TYPE A/B/C 卡性能综合比较

| IC 卡  | TYPE A     |          | TYPE B | TYPE C        |
|-------|------------|----------|--------|---------------|
|       | M1S50      | SESFIRE  |        | RC-S83X       |
| 存储容量  | 一般         | 较大       | 一般     | 较大            |
| 安全设计  | 逻辑加密       | CPU 双向认证 | 逻辑加密   | CPU 双向认证/通信加密 |
| 读写速度  | 低          |          | 中等     | 较快            |
| 技术开放性 | 具专利, 不完全开放 |          | 完全开放   | 受保护, 不开放      |
| 技术发展性 | 较好         |          | 不明朗    | 一般            |
| 系列化产品 | 有, 较丰富     |          | 较少     | 一般            |
| 成本价格  | 低          | 较高       | 一般     | 较高            |
| 供货周期  | 快速         |          | 一般     | 慢             |
| 供货厂商  | 支持较多       |          | 一般     | 仅 SONY        |
| 市场应用  | 广泛的应用      | 一般       | 较低     | 一般            |

基于以上比较, 在 IC 卡选择上, 各使用方需要根据自身条件综合选择。

A 卡虽然技术不是最优, 但具有最为广泛的应用市场及经验, 成本价格也较低, 目前是国内最为流行的首选卡标准; 其中尤以 Mifare 系列产品占主导, Mifare 产品中的 DESFIRE 卡在技术上已有较大发展, 很可能是未来国内 AFC 市场的主导卡型。根据上述特点, A 卡较适合于中低端的市场应用。

B 卡在技术上稍优于 A 卡, 但由于主要支持厂商的退出、市场拓展始终不理想等因素, 导致其目前有停滞衰退的趋势, 暂不建议考虑此标准卡的选择。

C 卡在技术上对 AFC 应用有非常独到的优势, 其高度的安全性技术、快速的读写、自动备份恢复机制等都是 A、B 卡所无法具备和比拟的, 尤其是其安全技术甚至通过了 ISO15408 “EAL4” 等级认证, 是世界上首个获得如此高安全等级的 IC 卡。但其成本较高, 供应厂商目前仅 SONY 一家, 市场应用虽然也有一定规模, 但相对 A 卡还是较小。根据上述特点, C 卡较适合于高端市场应用。

## 2) 非接触式智能卡

非接触式智能卡是目前在地铁中应用最广泛的票卡媒介形式, 又称射频卡。它成功地将射频识别技术和 IC 卡技术结合起来, 结束了无源 (卡中无电源) 和免接触这一难题, 是电子器件领域的一大突破。非接触式智能卡由 IC 芯片、感应天线组成, 两者被封装在一个标准的 PVC 卡片内, 芯片及天线无任何外露部分。读写时, 卡片在一定距离范围 (通常为 5~10 cm)

靠近读写器表面，通过无线电波的传递来完成数据的读写操作。目前国内各城市轨道交通专用车票都采用非接触式智能车票，其封装形式主要分为筹码型和卡型两种。筹码式单程票的封装形式为 TOKEN，常用规格有直径为  $\phi 30\text{ mm}\pm 0.2\text{ mm}$ 、厚  $3\text{ mm}\pm 0.2\text{ mm}$  和直径为  $\phi 30\text{ mm}\pm 0.2\text{ mm}$ 、厚  $2\text{ mm}\pm 0.2\text{ mm}$  两种。卡片式单程票的封装形式为薄卡形，卡的尺寸为长  $85.47\sim 85.72\text{ mm}$ ，宽  $53.92\sim 54.03\text{ mm}$ ，厚  $0.40\sim 0.58\text{ mm}$ 。其结构如图 1-14 所示。

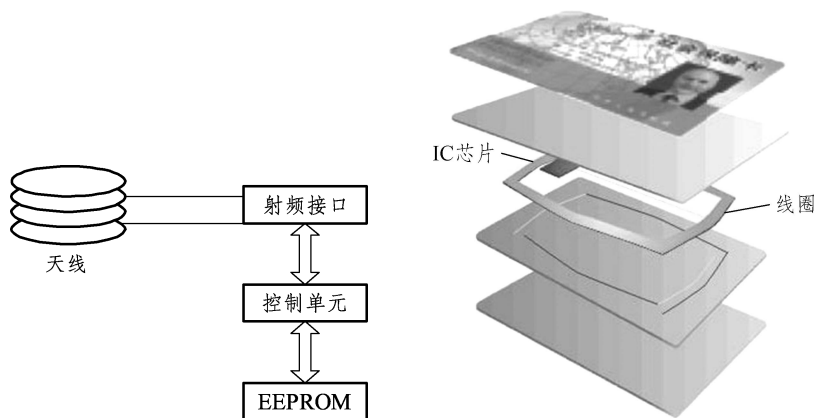


图 1-14 非接触式 IC 卡结构图

非接触式 IC 卡工作原理是由 IC 卡读写器向 IC 卡发一组固定频率（13.56 MHz）的电磁波，IC 卡内的 LC 串联谐振电路受激励产生共振，将电荷送至另一电容内储存，当所积累的电荷电压达到 2 V 时，即可为卡片供电，将卡内数据发射出去或接收读写器传来的数据。

非接触式 IC 卡按照封装方式有卡型、筹码型和 CPU 卡，如图 1-15 所示。



(a) 卡型

(b) 筹码型

(c) CPU 卡

图 1-15 非接触式 IC 卡

非接触式 IC 卡也分为储值票和单程票两种，采用 ISO 14443 的标准，有 A 类卡和 B 类卡。以广州市的羊城通储值卡为例，它符合 ISO 14443 标准 A 类系列，可在城市轨道交通、公交车、渡轮、出租车、便利店等场景使用。非接触式 IC 卡在城市轨道交通系统使用时，需记录车票进闸、出闸扣款、更新、黑名单设置等信息，该类信息会记录在车票记忆体的专用区域内，如使用地点、设备编号、时间、交易流水号等，可根据需要保留多条信息（通常保留 10 条）。

广州地铁是世界上首家使用筹码式 IC 卡单程票（TOKEN）的城市轨道交通企业。如图 1-16 所示。使用筹码式 IC 车票有利于单程票的自动发售、自动回收、保管和多次循环使用。上海市轨道交通采用薄卡型非接触式 IC 卡。



图 1-16 广州地铁用的单程票 (TOKEN)

卡型和筹码型单程票的综合比较如表 1-9 所示。

表 1-9 卡型与筹码型 (TOKEN) 综合比较

| 项目    | 筹码型 (TOKEN) 单程票                         | 卡型单程票                                      |
|-------|---|--|
| 外形    | 面积小, 厚度大, 强度高, 抗物理破坏性能强; 芯片及天线不易损坏, 寿命高 | 面积大, 厚度小, 柔软、强度低, 抗物理破坏差, 天线与芯片连接容易脱落, 寿命短 |
| 天线    | 天线面积小, 读写距离相对较近, 对读写器要求高                | 天线面积大, 读写距离相对较远, 对读写器要求低                   |
| 是否易变形 | 卡不容易变形                                  | 卡易变形而可能导致在设备中使用引发故障                        |
| 成本    | 采购成本低, 综合使用成本低                          | 采购成本低, 但综合使用成本高                            |
| 传送速度  | 在设备机构中传送速度快, 可加快整机处理速度                  | 在设备机构中传送速度慢, 车票的整机处理速度慢                    |
| 设备成本  | 相应设备成本低, 机构简单可靠, 易维护                    | 相应设备成本高, 机构复杂, 维护复杂                        |
| 清洁要求  | 设备对票面的清洁要求低                             | 设备对票面的清洁要求高                                |
| 贮运    | 车票的贮运、包装要求低, 可用布袋盛放                     | 车票的贮运、包装要求高, 需用专用票盒盛放                      |
| 便携性   | 票卡携带便利性相对较差, 易丢失                        | 票卡携带性相对较方便                                 |
| 印刷    | 票面印刷面积小                                 | 票面印刷面积大                                    |
| 封装材料  | 封装材料可选范围广, 要求低, 可使用组燃材料                 | 封装材料仅限在 PVC、PET、纸质等几种                      |

非接触式 IC 卡具有以下技术优势:

- (1) 非接触式 IC 卡本身是无源体, 它与读卡器之间通过无线电波来完成读写操作。
- (2) 非接触式 IC 卡与传统的接触式 IC 卡相比, 继承了接触式 IC 卡大容量、高安全性等优点。
- (3) 克服了接触式 IC 卡无法避免的缺点, 如读写故障率高, 由于触点外露而导致的污染、损伤、磨损、静电, 以及需要插卡才能读写等不便。

非接触式 IC 卡的使用情况统计如表 1-10 所示。

表 1-10 筹码型 (TOKEN) 与方卡的应用情况

| 城市    | 单程票芯片                | 单程票形式 |
|-------|----------------------|-------|
| 北京    | Ultralight (M0)      | 薄卡    |
| 上海    | FM11RF005            | 薄卡    |
| 重庆    | Ultralight (M0)      | 薄卡    |
| 大连    | Ultralight (M0)      | 薄卡    |
| 广州    | AT88RF02, Ultralight | TOKEN |
| 武汉    | Ultralight (M0)      | TOKEN |
| 南京    | Ultralight (M0)      | TOKEN |
| 深圳    | RC-S919              | TOKEN |
| 印度新德里 | Felica               | TOKEN |
| 韩国光州  | 电子标签                 | TOKEN |
| 新加坡   | Felica               | 薄卡    |
| 巴黎    | TYPE B               | 纸卡    |

#### 4. 手机支付

随着智能手机的普及,地铁运营公司为寻求更好的发展,致力于开展手机支付,目前手机支付已经初见成效,在上海、北京、杭州等地开始应用,下面介绍手机支付的种类。

##### 1) RF-SIM 技术手机支付

RFID 技术和手机 SIM 卡结合在一起形成的 RF-SIM 卡是一种的近距离读写手机智能卡。在 RF-SIM 卡的使用过程中,消费者不需换手机,只需更换卡片就可以完成手机支付。但是其工作频率为 2.45 GHz,与通用检票机标准频率不匹配,可自动调整通信距离。

RF-SIM 卡将手机与非接触式智能卡结合,无须更换手机就可以实现移动支付。RF-SIM 卡手机实质上是在手机上完成一个小额钱包的功能,使得 SIM 卡具备射频识别技术的功能,这样手机就能与读写器进行非接触式近距离数据交互,除基本通信功能外还可以支出费用。

##### 2) NFC 手机支付技术

NFC 是由飞利浦、诺基亚和索尼等公司共同开发的一项无线技术。它将读卡器、卡片和点对点通信的功能都集成在一个芯片,可以与兼容设备进行识别和数据交换,因为其工作频率与众多电子设备的 13.56 MHz 一致,在短距离内读写处理速度非常迅速。该技术以非接触射频技术为起点,可以实现高频无线方式近距离的通信方式。

NFC 手机支付需要具备 NFC 功能的手机才可以实现,目前部分安卓系统的手机可以实现 NFC 手机支付,苹果手机虽然具有 Apple Pay 功能,但是在地铁上还不能应用。整个 NFC 系统由运营商提供 NFC-SIM 卡,通过 NFC 手机、银联端等部分构成。支付时,该模式就是将具有 NFC 功能的设备模拟成一张非接触卡,用户只要将手机靠近读卡器,直接进行交易即可,即使在手机欠费情况下,以及 NFC 设备没电的情况下也可以工作。

##### 3) 手机 App 支付

###### (1) 手机扫码支付。

手机扫码支付成为最近两年的发展趋势,上海、北京等城市纷纷上线 App,实行扫码支



付，乘客只需在手机中下载专用 App，与第三方支付绑定，进出站扫码即可完成手机支付乘坐地铁。支付系统需要第三方支付平台和第三方 App 合作，为鼓励乘客使用手机支付，地铁运营公司与第三方公司采用打折送卷等方式提供优惠。为提高扫码效率，需打开蓝牙功能辅助，进出站时分别产生不同的乘车码，乘车结束后需要联网支付。

## (2) 手机 App 购票，线下取票。

该方式借鉴了铁路手机购票软件的方式，以 App 为媒介，在线上购票，线下取票。此种方法免去了工作人员兑换零钱的工作量，但仍存在排队取票的情况，并没有从根本上解决问题。

目前大部分城市的轨道交通采用非接触式 IC 卡车票（如广州、深圳、上海等），有个别城市轨道交通系统以磁卡车票作为单次乘车票或纪念车票使用（如香港）。非接触式 IC 卡车票可实现城市内的“一卡通”（见图 1-17），如在城市轨道交通、公交车、出租车、渡轮、便利店等场景均可使用。

非接触式 IC 卡相比于磁卡票，避免了磁卡票容易出现消磁、传动读写过程中容易卡票的现象。IC 卡还能记录更多的信息、使用寿命长，使用起来更加稳定、安全。非接触式 IC 卡降低了设备的故障率和维护成本。手机支付需要考虑到乘客的年龄层次，以及操作的熟练度，未来一段时间内智能卡和手机支付两者将并行不悖，相得益彰。各类型车票的比较如表 1-11 所示。



图 1-17 广州“羊城通”“一卡通”车票

表 1-11 纸票、磁卡、IC 卡、手机支付比较

| 票种   | 售检票方式       | 优点   | 缺点  |
|------|-------------|--|---|
| 纸票   | 人工售票、<br>检视 | 构造简单，识别设备简单，使用方便；成本低，与其他自动化识别技术比较，光学扫描仪相对简单，成本相对低廉；易于制作，制作条形码纸票仅需印刷，被称作“可印刷的计算机语言” | 需要大量工作人员，效率低  |
| 磁卡   | 自动售检票       | 可进行机读，提高自动化程度；票卡生产方便；可循环使用，能源消耗低   | 票卡成本相对较高，使用成本增加；磁卡的设备结构复杂，精度要求高，维护成本高；受外界磁场干扰；密钥随票携带，易复制伪造，安全性低 |
| IC 卡 | 自动售检票       | 存储容量大，信息记录可靠性高，安全性高，保密性好，可重复使用   | 设备初投资高，维护成本高  |
| 手机支付 | 自动售检票       | 方便，快捷  | 对年龄偏大的乘客不友好   |

除按照采用的媒介不同进行分类，车票也可以按照其他分类依据进行分类，如表 1-12 所示。

表 1-12 车票的分类

| 序号 | 分类依据     | 车票类型    | 车票说明   |
|----|----------|---------|--|
| 1  | 采用的媒介    | 纸质车票    | 车票上印有票价、站名和编号、条码、二维码等  |
|    |          | 筹码车票    | 采用代币 TOKEN，投入自动检票机可开启闸门                                      |
|    |          | 磁卡车票    | 塑料基片上载密码、车费、进站时间等信息  |
|    |          | IC 卡车票  | 塑料基片上封装有集成电路芯片等，具有存储大、保密性强、使用寿命长等特点                          |
|    |          | 手机支付    | 采用手机支付芯片或手机 App 支付   |
| 2  | 使用时间的限制  | 普通车票    | 当日一定时间内乘车使用  |
|    |          | 定期车票    | 在一段时间内（一周、一季、一年内）乘车使用  |
| 3  | 使用次数的限制  | 单程车票    | 一次乘车有效   |
|    |          | 储值车票    | 车资用完前可多次乘车   |
| 4  | 使用线路的限制  | 专线车票    | 指定线路乘车使用   |
|    |          | 联合车票    | 可在多条线路（轨道交通内多条线路或多种公共交通线路）内使用                                |
| 5  | 发行方      | 轨道交通专用票 | 只应用于轨道交通乘车   |
|    |          | 一卡通     | 公共交通系统内均可使用  |
| 6  | 进出站时回收方式 | 回收类车票   | 每次使用后均要回收，包括单程票、出站票、福利票及其他预留票（如行李单程票、往返票）                    |
|    |          | 非回收类车票  | 每次使用后不回收，包括一卡通储值卡、纪念票、车站工作票、员工卡及其他预留票（如一日票、区段票、计次纪念票、定期纪念票等） |

### 1.5.3 车票术语

#### 1. 单程票

单程票是指乘客以一定金额购得一次服务旅行承诺，只可进行一次进站和一次出站行为的车票。单程车票有面值，限当日、单人、单次使用，不可挂失，到站时由出站检票机自动回收。使用出现超时时需要按规定补票。

目前国内轨道交通票务系统中常见的单程票按照封装形式有卡型和筹码型。从单程票应用角度看，可分为普通单程票和预置单程票。预置单程票又分为限制预置单程票和非限制预置单程票。单程票又可以分为普通单程票、应急票、优惠票、出站票。如图 1-18、1-19、1-20 所示。



(a) 卡型



(b) 筹码型

图 1-18 单程票



图 1-19 优惠票



图 1-20 出站票

## 2. 储值票

储值票是指车票内预存一定资金，在金额足够的情况下可多次使用的车票，每次使用时根据费率扣除乘车费用，出站不回收，如图 1-21 所示。这种票证可日常使用，车票有面值，乘客一次购票、多次使用，并有尾程优惠，可设定使用有效期，使用完毕可回收。在办理时需要收取押金，可充值，但不可挂失；在进站时进行检票，乘车完毕出站时需要扣除乘车费用。



图 1-21 普通储值票

## 3. 纪念票

纪念票为纪念政治、经济、文化等重大事件或题材而限量发售、兼有乘车和收藏功能的车票。车票有面值并有尾程优惠，可设定使用有效期，使用完毕一般不回收，如图 1-22 所示。纪念票还可进行细分，如定值纪念票、计次纪念票、定期纪念票等。



图 1-22 纪念票卡

#### 4. 应急票

应急票在大客流时应急使用，类似单程票，由车站人工发售，使用有效期与使用车站可设定，一般限当日、当站使用，使用完毕回收。

#### 5. 多程票

多程车票设定使用有效期与使用次数，例如，在使用有效期一个月内、每天乘车不超过规定次数，使用完毕可回收，如图 1-23 所示。



图 1-23 多程票

#### 6. 乘车证

乘车证持有人主要是员工，因此又称为员工票。为加强票务管理，乘车证可设定使用有效期，如仅在月内或季内有效；以及设定允许使用次数，如每天允许持有人进出检票机几次。乘车证是一种特殊的多程票。



图 1-24 乘车证

#### 7. 出站票

出站票用于乘客在付费区补票出站，限当日、本站、单人出站使用，如图 1-25 所示。



图 1-25 补票

## 8. 福利票

福利票是持有效可免票证件的乘客换取的车票，如图 1-26 所示。持福利票通过检票机时，有特殊的提示。

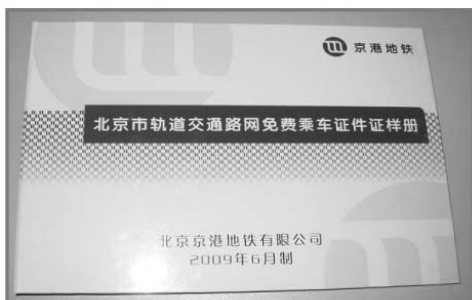


图 1-26 免费证样

## 9. 车站工作票

车站工作票限指定车站使用，不检查进出站次序，可挂失，如图 1-27 所示。

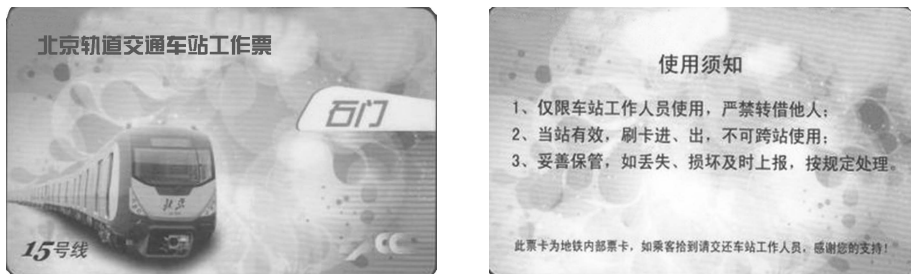


图 1-27 车站工作票范例

## 10. 员工卡

员工卡在有效期内和规定区段内使用，是记名使用的计次票，可挂失，证样如图 1-28 所示。员工票通过检票机时，有特殊的提示。



图 1-28 员工卡证样

## 11. 区段票

区段票分为区段计次票和区段定期票。区段计次票在有效期内和规定区段内计次使用，

超过规定区段需补票。区段定期票在规定区段内定期使用，超过规定区段需补票。区段票在火车票多见，地铁票少有，如图 1-29 所示。

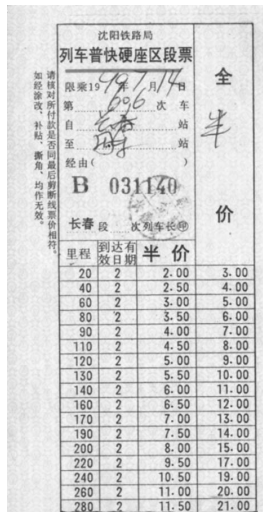


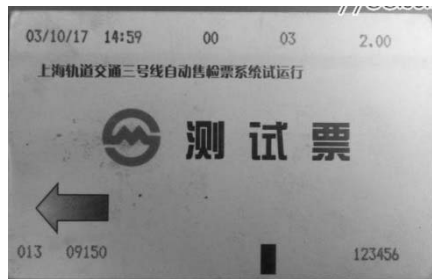
图 1-29 区段票样

## 12. 许可票或特种票

许可票是一种不同于单程票和储值票的特殊票种，由运营方根据某种特殊需要，针对某些群体的特殊要求，以吸引或方便他们乘坐地铁为目的而发行的，赋予特定的使用许可的一种车票，在限定的条件下具有一定的优惠。有公务票、测试票和乘次票等种类。如图 1-30 所示。公务票是供轨道交通相关从业人员工作使用的车票。



(a) 公务票



(b) 测试票

图 1-30 许可票

测试票是一种对自动售检票系统设备进行维护诊断用的特殊车票，只能在设备属于维护模式时由维修人员测试设备使用。

乘次票被赋予固定乘次许可，在有效期及许可范围内可以重复使用。通常该种车票在使用时只记次数，不计里程。

## 13. 一卡通

一卡通是轨道交通自动售检票系统中的车票介质，按照统一规则、统一卡片类型及统一管理模式在轨道交通各线路中使用，如图 1-31 所示。