

文章编号: 1005-8451 (2012) 07-0040-04

# 轨道交通 AFC 系统硬币处理模块的研究

黄斐<sup>1</sup>, 陈栋<sup>2</sup>

(1. 北京市轨道交通建设管理有限公司 设备管理总部, 北京 100037;  
2. 中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

**摘要:** 轨道交通 AFC 系统的广泛使用和快速发展对其终端设备有了更高的要求。硬币处理模块的高效快捷是 AFC 终端设备的一个重要指标。本文介绍了轨道交通 AFC 系统使用的硬币处理模块的技术原理、功能和处理流程, 分析并比较了北京 1 号线, 北京昌平线, 杭州 1 号线的硬币处理模块技术特点, 提出了适用于轨道交通大客流高负荷需求的硬币处理模块的技术发展方向。

**关键词:** 轨道交通; AFC; 硬币处理; 可靠性; 可维护性

中图分类号: U231 : TP39 文献标识码: A

## Research on coin unit in Automatic Fare Collection System of Urban Transit

HUANG Fei<sup>1</sup>, CHEN Dong<sup>2</sup>

(1. General Headquarters of Facility Management, Beijing MTR Construction Administration Corp, Beijing 100037, China;

2. Institute of Computing Technologies, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The popular usage and fast development of AFC System required better performance of its terminal equipment. The effect of coin unit was an important target of AFC terminal equipment. This essay explained the principle, function and working process of coin unit in Automatic Fare Collection System, and analyzed the technical features of three different typical coin units in Beijing Subway Line 1, Beijing Subway Changping Line and Hangzhou Subway Line 1, proposed the technique trends of coin unit for large passenger flow & high load of Urban Transit.

**Key words:** Urban Transit; AFC; coin unit; reliability; maintenance

随着我国城市轨道交通建设的快速发展, 北京、上海等大城市日客流量屡创新高, 对轨道交通自动售检票系统 (AFC) 终端设备的可靠性、快捷性、可维护性等方面提出了更高要求。硬币处理模块属于现金处理模块, 而且直接面向乘客, 因此, 对它的要求也更加严格。

## 1 硬币处理模块的组成与工作原理

轨道交通 AFC 系统硬币处理模块能识别和接受乘客投入的硬币, 并能进行硬币找零, 它由硬币识别装置、循环找零装置、备用找零装置、硬币钱箱、控制电路板等组成。

收稿日期: 2011-11-07

作者简介: 黄斐, 工程师; 陈栋, 助理研究员。

硬币处理模块的工作原理如图 1。

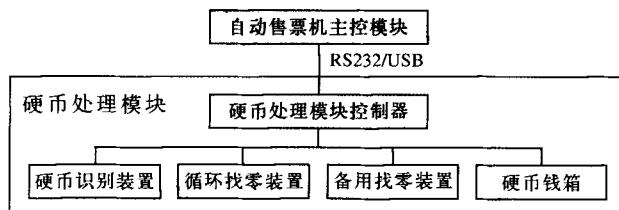


图 1 硬币处理模块的工作原理

硬币处理模块一般通过 RS232 或 USB 接口连接自动售票机主机, 接受主机的指令, 这些指令包括初始化、开启或关闭硬币识别、启用循环找零装置找零、启用备用找零装置找零、清空硬币等等。硬币处理模块的控制电路板带有 CPU, 根据主机的指令, 控制硬币识别装置、循环找零装置和备用找零装置的动作, 并监视他们的状态, 通过动作组

合实现相关功能。

## 2 硬币处理模块的功能

### 2.1 硬币识别功能

#### (1) 对硬币识别的要求

硬币识别装置须能准确识别流通硬币，主要包括第4和第5版0.5元和1元硬币，接收硬币的币种数可以扩展。硬币的接收速度应大于3枚/s，正常情况下真币接收率不低于95%，假币识别率大于99.9%。

#### (2) 硬币识别的原理

硬币的主要识别指标包括硬币的材质、厚度和直径。

硬币的材质和厚度是采用电涡流技术来检测的<sup>[1]</sup>。电涡流检测是建立在电磁感应原理基础之上的一种无损检测方法，它适用于导电材料，如果把一块导体置于交变磁场之中，在导体中就有感应电流存在，即产生涡流，由于导体自身各种因素（如电导率、磁导率、形状、尺寸和缺陷等）的变化会导致感应电流的变化。针对特定的硬币，电涡流电子传感器发出不同频率的电磁波，穿透硬币表面和芯部，激发出不同的电磁信号，通过微电脑集成的识别电路和软件可以放大、提取和显示不同的电磁信号和数字化信息，即为该硬币的电子特征参数。当进行硬币识别时，电涡流电子传感器将对投入的硬币进行感应，将产生的电子特征数据与硬币识别装置预存的特征参数表进行比对，以确定硬币的真伪和面值。

有些硬币识别装置用光电管队列来识别直径，另外一些采用偏心或异形线圈来测量，依据是直径小的硬币与线圈的重合部分也少，由此也带来频率变化的不同。

### 2.2 原币原退功能

在自动售票机运营过程中，如果乘客投入硬币后取消交易，要求原币退还乘客投入的硬币。原币原退的实现方式主要有2种：

#### (1) 暂存式原币原退

针对每币种配备一个暂存装置，每个暂存装置一般能存放10~60枚硬币，暂存装置有2个泄币口，能受控泄币到退币口或者循环找零装置。

#### (2) 堆栈式原币原退

堆栈式方式是采用循环找零装置来实现原币原退，这种循环找零装置实际上是一个后进先出(LIFO)的硬币堆栈。硬币在装置里有序排列，最后进入的硬币将被最先用来找零，所以退币和找零是相同动作。

### 2.3 循环找零功能

硬币处理模块具有2币种的循环找零功能。所谓循环找零，是指能将乘客购票投入的硬币补充到循环找零装置，用于后续交易找零，达到找零硬币循环利用的目的。每币种循环找零的容量一般要求70~100枚硬币。

### 2.4 备用找零功能

除了循环找零外，硬币处理模块还配备了2币种的备用找零装置，当循环找零内硬币耗尽时，应启用备用找零装置找零。每币种备用找零的容量一般要求500~1000枚硬币。

### 2.5 清空硬币功能

循环找零装置和备用找零装置中所存储的硬币可通过指令清空。清空时硬币自动进入硬币钱箱，清空硬币时硬币处理模块能计数，统计清空到钱箱的硬币数量。

## 3 硬币处理模块的处理流程

### 3.1 无效币处理流程

乘客投入硬币后，经硬币识别装置识别，如果识别装置判定无效，硬币会返回乘客。

### 3.2 交易取消的处理流程

乘客投入硬币后，经硬币识别装置判定有效，硬币会被暂存，若乘客取消交易，硬币会返回乘客。

### 3.3 交易成功的处理流程

乘客投入硬币后，经硬币识别装置判定有效，硬币会被暂存，交易成功后，硬币会补充到循环找零装置，如果循环找零装置内硬币已满，则硬币将进入硬币钱箱。

## 4 硬币处理模块的技术特点

### 4.1 硬币处理模块的结构设计要点

轨道交通 AFC 系统硬币处理模块主要有以下技术特点<sup>[2]</sup>：

### (1) 硬币储存位置多, 处理机构整合难度大

硬币处理模块临时或长时间储存硬币的地方较多, 硬币在其间搬运主要依靠重力作用, 就确定了部件在安装位置的上下层关系, 容易造成整体机构较大, 投币口和找零口之间的距离也较大, 不利于乘客操作和整机布局。

### (2) 硬币移动路径多, 硬币通道复杂

由于硬币在硬币处理模块个部件之间的移动, 设计上需要考虑硬币通道。再考虑到不同币种需要不同通道, 所以模块设计中部件的位置和之间通道的设计就显得尤其重要。

## 4.2 硬币处理模块控制电路的设计要点

硬币处理模块控制器可以采用 ARM 处理器, 采用 8051 系列单片机也能满足应用要求。硬币处理模块的主要电气部件如表 1。

表 1 硬币处理模块的主要电气部件

| 序号 | 部件       | 说明              |
|----|----------|-----------------|
| 1  | 直流电机     | 用于硬币找零, 将硬币逐个分离 |
| 2  | 电磁阀      | 用于控制硬币的移动通道     |
| 3  | 光电传感器    | 用于检测通道内硬币的位置    |
| 4  | 电涡流电子传感器 | 用于辨别硬币的真伪和种类    |

考虑到适用性和成本因素, 控制电路的设计应本着提供可靠的硬件驱动为原则, 而将业务逻辑的处理交给应用软件实现。

## 4.3 硬币处理模块的应用软件设计要点

硬币处理模块的软件设计应遵循 3 个原则:

### (1) 准确性原则

硬币处理模块应用于处理现金, 准确性是最根本的要求, 识别错误、计数错误是不能允许的。在软件设计上, 主要体现于信号采样技术和边界处理。

硬件输出的一般是脉冲电平信号<sup>[3]</sup>, 以硬币找零为例, 硬币被直流电机连续快速发射到通道, 通过光电传感器, 传感器反馈的信号时长并不规则, 并且还会有噪音信号。应用软件需要过滤掉噪音, 准确计数。当硬币处理模块从一种运行状态切换到另外一种运行状态时, 在边界敏感时间内, 一定要处理原状态下未完成的信号, 避免信号丢失。

### (2) 实时性原则

硬币处理速度是衡量硬币处理模块的一个重要指标。需要充分利用处理器的中断资源, 合理组织中断级和基本级代码, 提高应用程序的实时处理能力, 在保证准确性的前提下, 提高硬币处理模

块的效率。

### (3) 容错性原则

在实际应用环境中, 流通硬币可能有变形、粘稠、缺损等情况, 硬币处理模块会受到这些客观条件的影响, 产生更加复杂的干扰信息。体现在设备上, 会出现硬件反馈信号时长变长或变短, 对硬币的动作执行失败等情况。

为了提高硬币处理模块的可用性, 容错处理的设计是必然的选择。可以通过以下几个方面的容错技术提升模块的可靠性:

- 收集有代表性的流通硬币进行测试, 根据测试结果, 划定有效值区间范围;
- 对硬币处理的机械动作, 如果执行失败, 须根据失败原因, 进行重试处理, 必要时调整执行参数;
- 应用直流电机处理硬币时, 如果处理失败, 根据失败原因, 必要时反转电机, 能消除不良硬币引起的问题。

## 5 典型案例的技术分析

### 5.1 北京 10 号线硬币处理模块

北京市轨道交通 10 号线 AFC 系统硬币处理模块主要由硬币识别装置、硬币暂存装置、循环找零装置、备用找零装置、硬币钱箱、硬币控制部分等组成。其硬币处理流程如图 2。

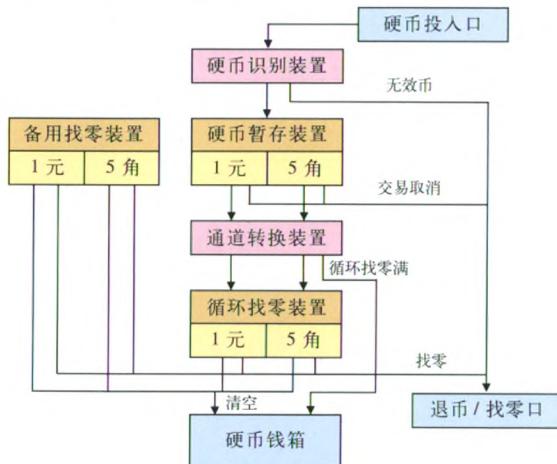


图 2 北京 10 号线硬币处理流程

北京 10 号线硬币处理模块具有以下特点:

- 功能部件独立, 采用部件堆叠设计, 层次清晰, 但集成度低, 模块较大。
- 控制阀门较多, 内部通道较复杂。
- 硬币循环找零装置容量较大。

(4) 对新币种无扩展空间。

## 5.2 北京昌平线硬币处理模块

北京市轨道交通昌平线 AFC 系统硬币处理模块主要由硬币识别装置、循环找零装置、备用找零装置、硬币钱箱、硬币控制部分等组成。其硬币处理流程如图 3。

北京昌平线硬币处理模块具有以下特点：

(1) 硬币循环找零装置采用 LIFO 技术的堆栈方式设计，并实现原币原退，模块中省去了硬币暂存装置。

(2) 由于没有暂存装置，内部通道相对简单。

(3) 封闭式设计，现金安全性较高，但维护不方便。

(4) 对新币种无扩展空间。

## 5.3 杭州 1 号线硬币处理模块

杭州地铁 1 号线 AFC 系统硬币处理模块主要由多枚投币斗、硬币识别装置、循环找零装置、备用找零装置、硬币钱箱、硬币提升装置、硬币控制部分等组成。其硬币处理流程如图 4。

杭州 1 号线硬币处理模块具有以下特点：

(1) 允许乘客多枚硬币同时投入。该模块带有一个硬币分离装置，能将多枚硬币分离成单枚硬币，并依次进入识别部进行检测。

(2) 该模块具有配置了硬币提升装置，能将底部硬币提升到找零口，这样扩展了空间利用率，减少了部件之间的硬币通道。

(3) 该模块的硬币识别装置集成到了模块里，结构紧凑。

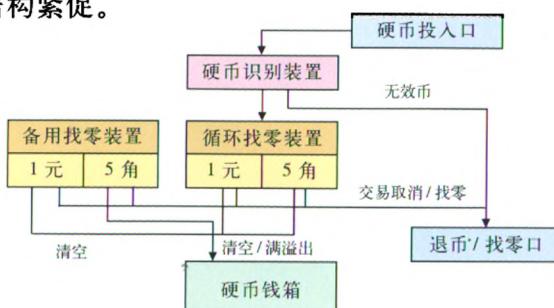


图 3 北京昌平线硬币处理流程

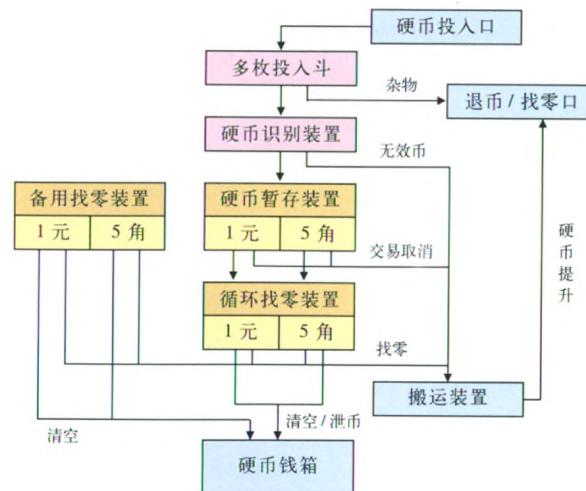


图 4 杭州 1 号线硬币处理流程

## 5.4 项目模块之间的比较

不同硬币处理模块的比较如表 2。

表 2 不同硬币处理模块的比较

| 项目<br>模块  | 北京 10 号线硬币处理模块                  | 北京昌平线硬币处理模块                     | 杭州 1 号线<br>硬币处理模块       |
|-----------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 使用方便性     | 单枚投入方式，不方便                      | 单枚投入方式，不方便                      | 多枚投入方式，使用方便             |
| 硬币处理速度    | 取决于乘客的投币熟练程度，一般每枚硬币需 0.5 秒到 1 秒 | 取决于乘客的投币熟练程度，一般每枚硬币需 0.5 秒到 1 秒 | 3 枚硬币以下无优势，投入硬币越多，优势越明显 |
| 硬币找零速度    | 5 枚/秒                           | 8 枚/秒                           | 6 枚/秒                   |
| 对新币种的可扩展性 | 差                               | 差                               | 较好                      |
| 模块集成度     | 较低                              | 较高                              | 高                       |
| 可维护性      | 一般                              | 较差                              | 较好                      |

## 6 结语

随着我国轨道交通建设的快速发展和客流的不断上升，硬币处理模块应适应这种高负荷、大客流的应用环境，未来的硬币处理模块应具有使用便捷，处理效率高，集成度高，良好的可靠性维护性及扩展性的技术特点。允许多枚硬币投入，配置硬币提升装置，集成硬币识别装置都是提升硬币处理模块性能的有效措施。

### 参考文献：

- [1] 谭文, 曹以龙, 朱晓乾. 高准确率硬币鉴别器设计与实现[J]. 科学技术与工程, 2011 (5).
- [2] 张斌. 无动力分离多硬币投币装置设计与优化[D]. 上海: 上海交通大学硕士论文, 2010.
- [3] 颜华敏, 张秀彬, 李宇涛. 基于 PC/104 总线的硬币清分机研制[J]. 微型电脑应用, 2004, 20 (3).

责任编辑 方圆