

# 自动旅客运输系统站台门与信号系统接口设计

李朝鹏<sup>1</sup> 张国刚<sup>2</sup>

(1. 中车浦镇庞巴迪运输系统有限公司, 241060, 芜湖;

2. 上海市隧道工程轨道交通设计研究院, 200235, 上海//第一作者, 工程师)

**摘要** 站台门与信号系统的联动是轨道交通线路保障正常运行的重要接口之一。针对自动旅客运输 (APM) 系统项目中灵活编组、灵活泊位以及可单门控制的新需求, 对站台门与信号系统的接口设计方案进行分析。该方案通过硬线接口和网络通信接口相结合控制站台门的开、关门动作, 并采用冗余的通信设计, 提升了 APM 系统的安全性和可靠性。

**关键词** 自动旅客运输; 无人驾驶; 站台门; 信号系统; 接口设计

**中图分类号** U291.6<sup>+</sup>5; U239.8

**DOI**: 10.16037/j.1007-869x.2019.10.017

## Interface Design between APM Platform Screen Door and Signal System

LI Chaopeng, ZHANG Guogang

**Abstract** The linkage between platform screen door (PSD) and signal system is an important interface to ensure the normal operation of rail transit lines. According to the requirements of flexible group, flexible berth and single-door control in automated people mover (APM) system, the design scheme of interface between PSD and signal system is analyzed, which controls the open and close of PSD through the integration of hard wire interface and network communication interface, and adopts the redundant communication design to improve the safety and reliability of APM.

**Key words** APM; driverless mode; PSD; signal system; interface design

**First-author's address** CRRC Puzhen Bombardier Transportation Systems Ltd., 241060, Wuhu, China

站台门系统是一个典型的机电一体化产品, 安装于地铁、轻轨等轨道交通车站站台边缘, 采用与列车门相对应、可多级控制开启与关闭滑动门的连续屏障, 将车站站台与行车隧道区域隔离开。

自动旅客运输 (APM) 系统作为全自动无人驾

驶系统中的一种制式, 针对灵活编组、灵活泊位以及可单门控制等运营需求, 对站台门与信号系统的接口设计提出了更高的要求。本文将结合 APM 系统运营的新需求, 对站台门与信号系统的接口设计进行分析。

## 1 APM 系统站台门与信号系统接口功能的实现

### 1.1 功能分析

目前国内地铁多采用有司机值乘的基于 CBTC (基于通信的列车控制) 的自动驾驶系统, 其站台门与信号系统之间接口的基本功能主要包括 3 个方面: 列车到站停稳后信号系统向站台门发送开门、关门命令; 站台门向信号系统发送站台门关闭且锁紧状态, 信号系统根据此状态控制列车进站、离站; 在站台门无法发送关闭且锁紧状态时, 站台门可在人为保证安全情况下向信号系统发送互锁解除命令, 使信号系统控制列车完成进站、离站。常规轨道交通模式下站台门系统与信号系统接口的基本功能如图 1 所示。

随着自动化技术的发展, 正有越来越多的线路采用全自动无人驾驶系统。相应地, 站台门与信号系统之间的接口也随之增加了对位隔离的功能, 即: 当车门或者站台门故障时, 信号系统根据收到的故障信息, 向相应的站台门或车门发送隔离信号; 由站台门或车门分别独立对隔离信号进行处理, 使其不执行开门动作。

但是, 对位隔离功能未考虑到 APM 系统灵活编组、灵活泊位, 以及可单门控制等功能需求。此外, 对于 APM 项目, 因站台不设站务员或工作人员, 当站台门与车辆之间缝隙夹人或夹物时, 控制中心应根据间隙探测报警信号, 远程控制对应的单个站台门打开, 释放被夹的人或物。

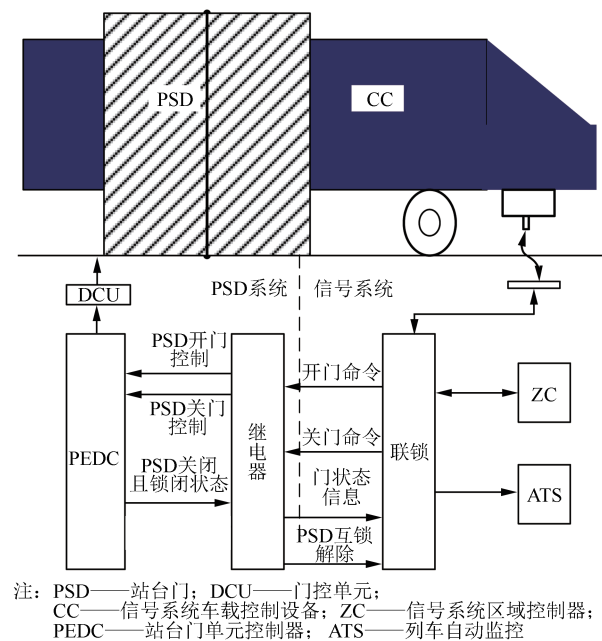


图 1 站台门与信号系统接口的基本功能

### 1.2 功能实现

从安全性及可靠性角度考虑,既有地铁线路的以上接口功能均采用硬线接口实现。接口是基于双断设计的:信号系统的每个输出信息,由站台门系统提供采集电源;站台门系统的每个输出信息,由

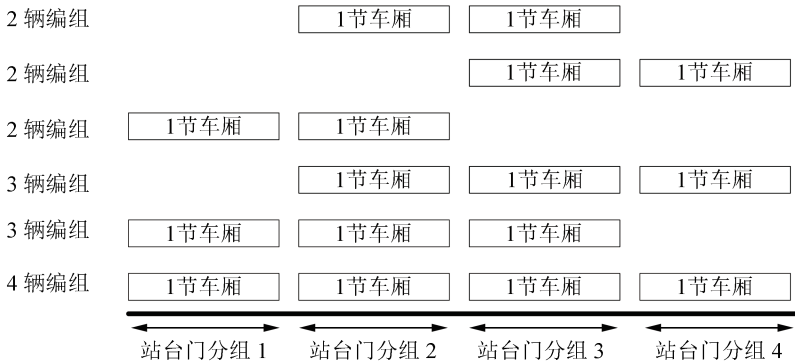


图 2 灵活编组及灵活泊位的运行场景

### 2.2 总体架构

信号系统通过硬线接口的使能信号及通信接口的开门命令来控制站台门的开启和关闭。使能信号是站台门开门的先决条件,只有当使能信号及开门命令同时有效时,站台门才执行开门动作。每套信号控制设备内部均包含主、从 2 台控制器,主、从控制器之间互备冗余。与该套信号控制设备接口的是一套站台门中央控制盘(PSC)。PSC内包含 2 台单元控制器(PEDC),每个 PEDC 分别控制一侧的站台门;2 台 PEDC 之间互相通信,互为

信号系统提供采集电源。如果全部依靠硬线接口设计方式来实现灵活编组、灵活泊位以及信号系统可控制单个站台门开、关的功能,将会大幅增加硬线接口及线缆的数量,站台门与信号系统的接口设备体积也将变大,增加了设计的难度并降低了系统可靠性。

## 2 APM 系统站台门与信号系统接口设计的应用

本文结合深圳宝安国际机场 APM 系统工程,从工程条件、总体架构、功能分类及接口设计等 4 个方面对 APM 系统中站台门与信号系统的接口进行具体分析,采用硬线与网络相结合的接口形式,并结合工程项目给出设计方案。

### 2.1 工程条件

深圳宝安国际机场根据其客流量特点,APM 系统要求采用灵活编组且灵活泊位,即列车有 2 辆编组、3 辆编组及最大 4 辆编组的型式,而且相同或不同编组列车的停车泊位也不固定。同时,APM 系统需具备信号系统可控制单个站台门开、关的功能。因此,根据不同的组合情况,需按照每节车厢进行分组的门控制,具体的运行场景如图 2 所示。

冗余设计。因此,实现了 2 侧站台门与信号控制设备之间通信冗余,不会因单点网络故障影响站台门的操作和控制,提升了该接口方式的安全性及可靠性。每套信号控制器根据站台编号及单门编号可对应控制到单个站台滑动门。APM 系统站台门与信号接口方案的总体架构如图 3 所示。

APM 系统的站台门开、关门控制逻辑是:列车到站停稳后,信号系统通过硬线发送使能命令给站台门,同时通过冗余的网络接口发送开门命令,站台门根据接收到的指令进行开门操作;乘客上、下

车完毕后,信号系统同时撤销使能和开门命令,站台门执行关门动作。

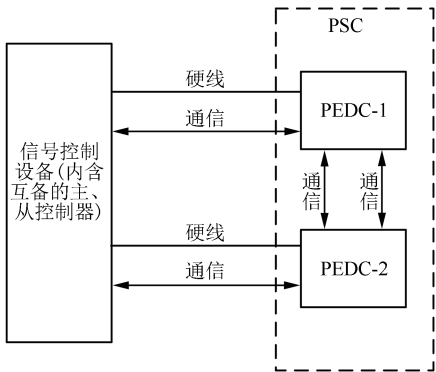
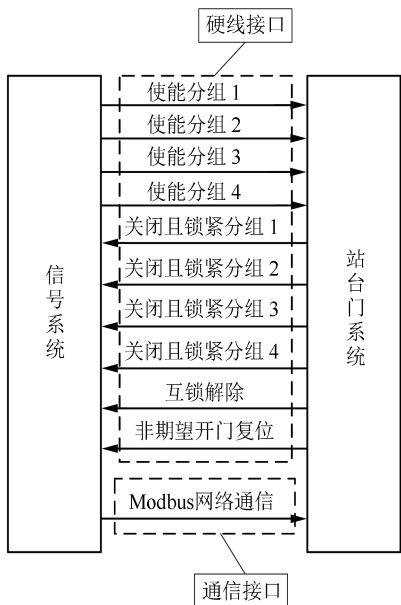


图3 站台门与信号系统接口总体架构方案

### 2.3 接口功能分类

站台门与信号系统之间接口类型分为通过硬线接口的安全命令接口及通过网络接口的非安全命令接口两种。根据深圳宝安国际机场 APM 系统灵活编组和灵活泊位的要求,门使能信号在每节车厢设置一组硬线接口,以实现站台门的分组控制。同时,考虑到系统的安全性及可靠性,站台门关闭且锁紧信号须与使能信号一一对应,因此站台门关闭且锁紧信号同样需要按照每节车厢设一组硬线接口。

APM 系统站台门与信号系统间具体的接口信息如图 4 所示。



注: Modbus为一种通信协议的名称

图4 站台门和信号系统的详细接口信息

### 2.4 硬线接口设计

硬线接口的安全命令包括分组的使能信号、分

组的关闭且锁紧信号、互锁解除信号及非期望开门复位信号。

#### 2.4.1 门使能

在某编组列车到站并停稳在正确停车位置内时,信号系统通过硬线给对应编组的站台门发送使能。门使能是信号系统控制站台门打开的前置条件,若站台门未收到使能信号,将忽略开门命令、不执行开门动作。

#### 2.4.2 站台门关闭且锁紧状态

在站台门执行关门动作并关闭锁紧后,将站台门的关闭且锁紧状态,以及光栅未检测到间隙障碍物的状态形成安全回路,由站台门通过硬线接口发送给信号系统。只有当四组安全回路都接通时,才允许信号系统控制列车进站或离站。

#### 2.4.3 互锁解除

在信号系统接收不到站台门的关闭且锁紧状态时,在人为确认安全的前提下,工作人员操作站台门就地控制盘(PSL)上的互锁解除开关后,站台门向信号系统发送互锁解除命令,允许信号系统控制列车进站或离站。

#### 2.4.4 非期望开门复位

非期望开门复位是由站台门通过硬线接口发送给信号系统的连续信号。当站台门出现非计划开门并将被打开的门处理完毕后,信号系统需要站台发出一个复位命令来允许恢复列车运行。此时需要工作人员操作 PSL 上的“非期望开门复位”开关来实现。

### 2.5 网络接口设计

网络接口的非安全命令包括开门和关门信号、门和门状态及故障信息、列车到站时的开门预告信息。站台门与信号系统之间的网络接口基于 Modbus 协议,以实现上述的非安全命令。网络通信采用主备冗余的接口设计,一路通信故障不会影响设备的正常运行。

#### 2.5.1 开、关门命令

当列车正常运行实施开门上、下客作业时,信号系统在向站台门发送门使能的同时,也通过冗余的网络接口发送开门命令,站台门在同时收到门使能和开门命令后执行开门动作;当上下客完毕需要关门时,信号系统同时撤销门使能和开门命令,站台门执行关门动作。

信号系统通过网络接口发送的开、关门命令是针对每一档滑动门,可由信号系统实现单个滑动门打开和关闭的控制。因此,在该 APM 系统中的对

位隔离功能由信号系统通过冗余的网络开、关门命令来控制,即当某个车门或站台门故障时,信号系统接收到对应的故障信息后,信号系统将不发送开门命令给对应的站台门及车门组,以实现对位隔离。

站台门与信号系统之间控制命令对应的站台门动作及状态如表 1 所示。

表 1 控制命令对应的站台门动作及状态

门使能命令		开门命令	门动作
触点 1	触点 2		
1	1	0	关门/保持关闭
1	1	1	开门
1	0	1	关门/保持关闭
1	0	0	关门/保持关闭
0	1	1	关门/保持关闭
0	1	0	关门/保持关闭
0	0	1	关门/保持关闭
0	0	0	关门/保持关闭

注: 门使能命令中,“1”或“0”分别表示收到/未收到使能;开门命令中,“1”或“0”分别表示收到/未收到开门命令

2.5.2 站台门状态及故障信息

站台门将其运行状态及故障信息通过冗余的网络接口发送给信号系统,实现信号系统对门状态的监视,以及站台门向信号系统的故障报警。该故障信息同时用于信号系统控制车门的对位隔离。

2.5.3 列车到站时的开门预告

每档滑动门门头的顶箱盖板上设置了一块显示屏,用于显示列车到站时该档门是否打开。在即将进站的列车是短编组、该档门因故障隔离、因对应的车门故障进行对位隔离等情况下时,门头显示

(上接第 65 页)

### 4 结语

1) 区别于一般地铁线路中的接触网或第三轨供电形式,浦江线供电系统通过创新的四轨供电方式设计,从根源上消除了杂散电流,使浦江线不会对周围环境产生杂散电流影响,解决了杂散电流带来的困扰。线路中无需安装杂散电流检测和腐蚀控制系统设备,如单向导通装置、杂散电流收集网、杂散电流检测系统、杂散电流腐蚀控制系统等,节省了牵引供电系统中与杂散电流和腐蚀控制相关的建设投资。

2) 通过专用的接地轨设计,浦江线从根源上解决了传统地铁中存在的跨步电压危险,站台门框架无需绝缘安装,变电所内直流设备无需框架保护装

屏显示该档门在本趟列车停站时不打开,以提醒乘客从其他位置的门上、下车。该信息通过冗余的网络接口,由信号系统在列车进站前一定时间内发送给站台门,使得门头显示屏可以提前显示不开门信息,便于乘客合理安排候车位置。

### 3 结语

通过硬线接口和网络通信接口相结合的方式来控制站台门开、关门动作,该设计方案具有显著的灵活性和便捷性。同时,该方案通过采用冗余的通信设计,提升了 APM 系统的安全性及可靠性,满足 APM 系统在灵活编组、灵活泊位且实现单门控制等方面的新需求,成功解决了全部硬线接口无法处理信号系统控制单个站台滑动门开、关的问题。

目前,该接口设计方案已应用到香港国际机场、深圳宝安国际机场、成都天府国际机场一期等 APM 项目中,且满足安全完整性等级 4 级(SIL4)认证要求。在未来,该接口设计方案仍需通过项目实际运营情况来进一步予以验证。

### 参考文献

[1] 兰星.地铁无人驾驶信号系统与屏蔽门接口设计[J].铁道通信信号,2017,53(4): 58.

[2] 黄育良.上海地铁十号线屏蔽门与信号系统接口设计[J].铁路通信信号工程技术,2011,8(2): 59.

[3] 李德堂.信号系统与屏蔽门的接口问题及优化方案[J].都市快轨交通,2005,18(4): 109.

(收稿日期:2019-05-12)

置,车站也无需设置轨电位限制系统,降低了系统建设成本。

3) 浦江线牵引供电系统具备在单相接地故障情况下不影响列车运行的能力,这为排除接地故障提供了一个缓冲期,为线路调整行车组织、寻找故障原因以及系统恢复提供了充足的时间,为浦江线能够长时间稳定运行创造了条件。

### 参考文献

[1] 陈屹.城市轨道交通四轨供电方式的探讨[J].城市轨道交通,2010(2): 50.

[2] 李威.地铁杂散电流的监测与防治[J].城市轨道交通研究,2003(4): 48.

[3] 李苍南.胶轮导轨自动捷运系统(APM)技术特点及适用性[J].黑龙江交通科技,2018(10): 222.

(收稿日期:2019-05-05)