

城市轨道交通全自动运行场景下的 站台门系统架构设计研究

曾 恒^{1,2} 李 刚³ 李金峰³

(1. 中铁电气化局集团有限公司, 100036, 北京;

2. 南昌中铁穗城轨道交通建设运营有限公司, 330038, 南昌;

3. 太原中铁轨道交通建设运营有限公司, 030006, 太原//第一作者, 高级工程师)

摘 要 从全自动运行场景分析出发,对全自动运行的站台门与传统站台门功能进行对比,并结合全自动运行的城市轨道交通对站台门配置的安全要求、功能及接口等开展系统架构设计研究。重点对站台门与信号系统和综合监控系统等接口界面、类型及用途进行规范。同时,结合太原轨道交通2号线运营情况,对全自动运行系统中站台门与列车车门联动时间、间隙探测装置设置数量及就地控制盒与间隙探测装置操作盘一体化设计等提出了相关优化建议。

关键词 城市轨道交通;全自动运行;站台门架构设计

中图分类号 U231+.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.10.045

Architecture Design of Platform Screen Door System in Urban Rail Transit FAO Scenario

ZENG Heng, LI Gang, LI Jinfeng

Abstract Starting from the analysis of FAO (fully automatic operation) scenario, the functions of FAO platform screen door and conventional one are compared. Research is carried out on system architecture design considering the configuration safety requirements, functions and interfaces of platform screen door in FAO urban rail transit. As a key point, the interface, type and purpose of platform screen door, signaling system and integrated monitoring system are standardized. At the same time, based on the operation status of Taiyuan rail transit Line 2, relevant optimization suggestions are put forward for the linkage time of platform screen door and train door, the number of gap detection devices and the integrated design of PSL (platform screen local control) box and gap detection device operation panel in FAO system.

Key words urban rail transit; FAO; platform screen door architecture design

First-author's address China Railway Electrification Engineering Group Co., Ltd., 100036, Beijing, China

城市轨道交通站台门系统设置在车站站台边缘,能有效减少列车行驶噪声和活塞风对站台候车乘客的影响,从而提高乘车环境的舒适性,也是乘客安全及运输安全的有力保障措施。由于城市轨道交通全自动运行模式可实现无人驾驶,故对关联产品的设计、制造、安装甚至运营维护都提出了新的要求,尤其对站台门提出了更高的要求。

1 站台门全自动运行场景及其功能分析

1.1 正常场景

站台门可满足全自动运行模式下列车的运行,即确保列车正常进站停车开门、关门发车出站及越站行车等功能,与传统的运行模式无差异。

1.2 非正常场景

非正常场景主要分为与信号安全回路相关和非相关的场景。其中非相关场景主要包含固定门、边门玻璃破损故障,该场景与传统运行模式应急处置无差异,工人仅需在玻璃碎裂附近位置上张贴警示标志或设置安全带并加强该处的监控即可,无需差异化设计。

信号安全回路相关场景主要包含单(多)扇站台门无法打开或关闭、站台门或车门隔离、站台门主控系统或电源故障、夹人夹物、站台异物侵限等场景^[1]。

1.3 全自动运行站台门与传统站台门的差异化分析

根据以上描述的运营场景,结合 GB/T 32588.1—2016《自动化的城市轨道交通(AUGT)安全要求》(以下简为《安全要求》)中对站台门及列车与站台间隙相关的安全措施要求,制定列车全自动运行的站台门与传统站台门差异化分析表^[2],如表

1 所示。

表 1 全自动运行的站台门与传统站台门差异化分析表

Tab. 1 Difference analysis of FAO platform screen door and conventional platform screen door			
项目		传统站台门系统	全自动运行的站台门系统
系统架构	与信号系统接口	设置与信号系统的硬线接口	除传统硬线接口外,增设网络通信冗余接口
	信号系统对站台门控制	对站台门的整侧滑动门单元的开、关门控制	对站台门的整侧滑动门单元的开、关门控制,设有站台门和车门的对位隔离功能
	间隙探测	不要求设置	《安全要求》设置间隙障碍物检测
系统功能	车门对位隔离站台门	无	车门故障被隔离后,列车运行至站台后自动隔离对应的站台门,站台门被对位隔离后不执行开门动作
	站台门对位隔离车门	无	站台门故障被隔离后,列车运行至站台后自动隔离对应的车门,车门被对位隔离后不执行开门动作
	间隙探测功能	不要求设置	关门后如检测到乘客陷入或卡在站台与车体之间的间隙,应给 OCC(运营控制中心)发送紧急信息,同时列车不应发车,直至障碍物移除,安全回路重新建立后,方可发车

2 全自动运行线路站台门新增配置要求

2.1 增加与信号系统的网络接口

新增站台门设备与信号系统的网络接口,实现对位隔离信息互传,主要包括对位隔离功能和隔离提示功能。当个别滑动门故障隔离时,站台门系统通过网络接口将故障信息传送至信号系统,信号系统将此信息转发至车辆,列车进站停稳后,发送命令打开车门及站台门,站台故障滑动门及对应的车门不打开;反之,当个别车门故障隔离时,列车进站停稳后,信号系统发送命令打开车门及站台门,故障车门及对应的站台滑动门不打开。单个站台滑动门增加故障显示功能(包括对应车门的隔离信息显示),提示乘客绕行^[3]。

2.2 间隙探测

《安全要求》在全自动运行条件下,应采取措施避免乘客或物品夹入站台门与车辆轮廓线之间的间隙造成危险,以达到安全运营的目的。间隙探测装置由光源发射器、光束接收器和报警装置等组成。其主要用于对地铁车辆与站台门的间隙进行实时监视,若发现间隙内有障碍物滞留,将实时发出报警,并将相关信息传递至站台门的单元控制器(PEDC),再由 PEDC 将相关信息传递给信号系统,以实现扣车功能。障碍物清除后即可停止报警,并通过信号系统允许启动列车,以保证旅客和车辆运输的安全。

间隙探测防护设备接入站台门的安全回路,并

在探测装置控制报警盘上设置“正常”和“旁路”两档位开关。正常工作状态下开关处在“正常”档;当切换到“旁路”档,“旁路指示”报警指示灯亮,此时间隙探测防护设备不接入站台门安全回路。太原轨道交通 2 号线(以下简为“2 号线”)单侧间隙探测装置与车辆编组数相同,即单节车厢 5 个车门对应位置的站台门采用 1 组间隙同侧系统(单侧共 6 组)进行监测。

2.3 站台门架构及功能设计

根据全自动运行场景、功能和配置要求,结合 2 号线列车全自动运行实际要求,制定站台门系统设计架构及接口关系,如图 1 所示。

2.3.1 站台门单元控制器

PEDC 具有不同级别控制命令的优先级控制切换功能,向 DCU(门控单元)输出控制命令,并能采集整侧站台相关设备,包括 IBP(综合后备盘)、PSL(就地控制盘)、各 DCU 相关设备等的信息,上传到上位机,且实现报警或状态指示控制。PEDC 采用模块化设计,各个模块的功能相对独立,低优先级控制模块故障时,不影响高优先级的控制。PEDC 具有正常运营必要的参数或软件升级功能。

2.3.2 站台门 DCU

站台门 DCU 接收外部控制命令,控制滑动门单元的电机和电磁锁,实现打开、关闭和释放的功能;开关门控制过程具有安全防护功能,实时采集各类开关、传感器的状态作为控制滑动门的开关门控制条件,并将相关信息上传到 PEDC。站台门

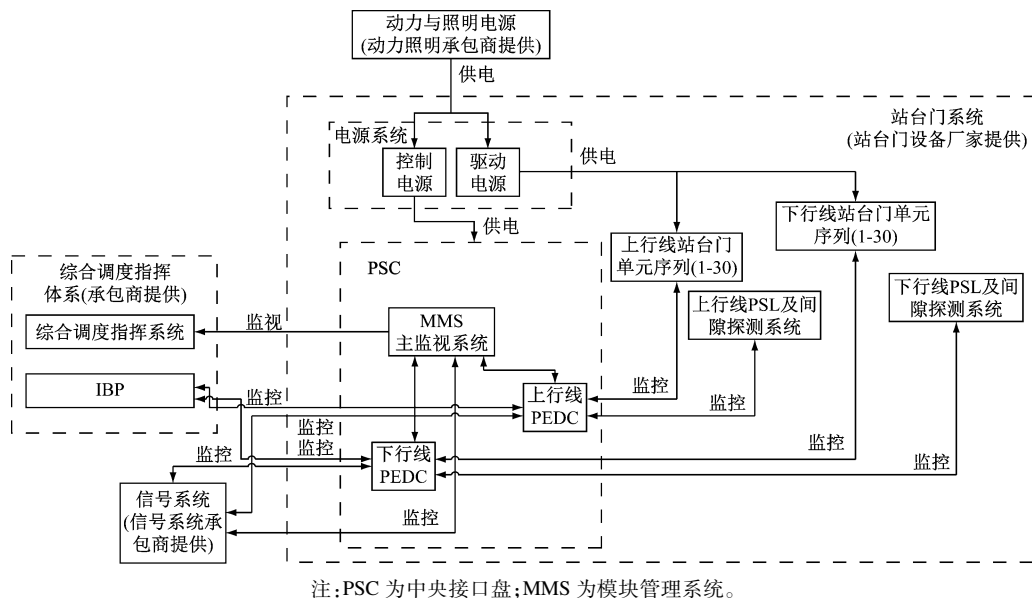


图1 全自动运行的站台门系统架构及接口关系图

Fig. 1 Diagram of FAO platform screen door system architecture and interfaces

DCU 具有正常运营必要的参数或软件升级功能。

2.3.3 站台门 MMS

MMS 能采集、显示、记录车站站台门相关设备的状态,具有访问账号、权限管理、历史数据查询和统计等功能,能获取和显示指定滑动门的运动曲线。并具有本地参数配置及对 PEDC/DCU 的参数配置功能,可实现 PEDC 和 DCU 软件升级。

2.3.4 电源系统

电源系统分驱动电源和控制电源。驱动电源用于向站台门 DCU 供电,控制电源用于向 PSC 及相关控制接口供电。电源系统具有完善的安全防护,并具有监视和诊断功能,能将相关信息输出给站台门系统。

2.3.5 PSL

PSL 具有开门、关门和操作允许或禁止及信号互锁解除等功能。当滑动门处于自动模式且收到列车对位隔离信息时,此时操作 PSL 开门,该滑动门应能被 PSL 控制打开。PSL 互锁解除可独立操作,不与 PSL 操作允许关联。1 侧站台设置 2 套 PSL,分别位于站台两侧端门,2 套 PSL 相互互锁,控制优先级先使用者为高。

3 接口设计

3.1 站台门与信号接口设计

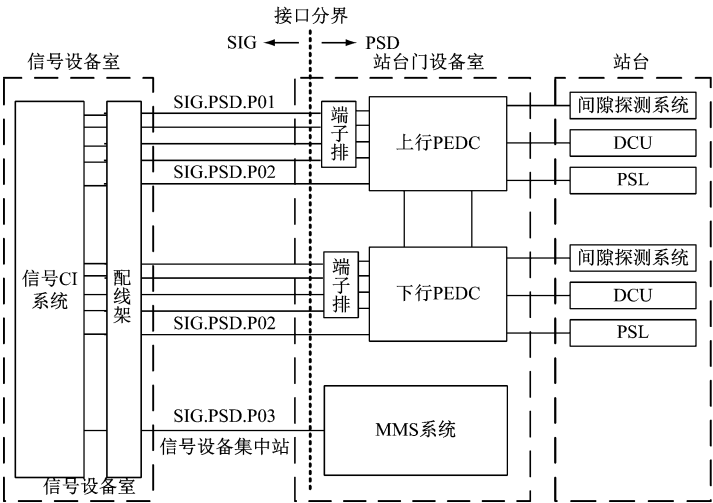
根据图 1 所示,站台门与信号系统接口主要包

含中央接口盘和 MMS,其中 PSL 及间隙探测设备及与中央控制系统通过硬线连接;接口位置主要分布于站台门设备室。站台门开门及关门、关闭且锁紧、门使能、互锁解除等功能通过信号系统与站台门中央控制系统之间硬线实现;车门与站台门间对位隔离功能通过通信光缆实现;站台门 MMS 监视信息通过通信光缆与信号设备集中站设备进行数据上传,并在控制中心、车控室及车载显示屏显示站台门相关信息。车门与站台门对位具体接口如图 2 及表 2 所示。

站台门 PEDC 硬件分 4 板块设计,分别为 SIG (信号)控制板、PSL 控制板、IBP 控制板、MONI(电机驱动)控制板,如图 3 中粗线框所示。在运营过程中,如果信号控制板出故障,可切换至 PSL 或 IBP 操作;如果 PSL 控制板出故障,可切换至 SIG 控制板或 IBP 操作,并能在线拆换 PSL 控制板;如果 IBP 控制板出故障,可切换至 PSL 或 SIG 控制板操作,并能在线拆换 IBP 控制板。任何时候拆换 SIG 控制板、PSL 控制板、IBP 控制板其中一块板,均不会影响运营。

3.2 站台门与综合监控接口设计

站台门系统与综合监控系统的接口主要包含在综合监控系统和综合后备盘,接口位置主要分布于综合监控设备室及 IBP,具体界面和接口规范如图 4 和表 2 所示。



注:PSD 为站台门; P01、P02、P03 分别为问题的序号; CI 为计算机联锁。

图 2 站台门与信号系统界面图

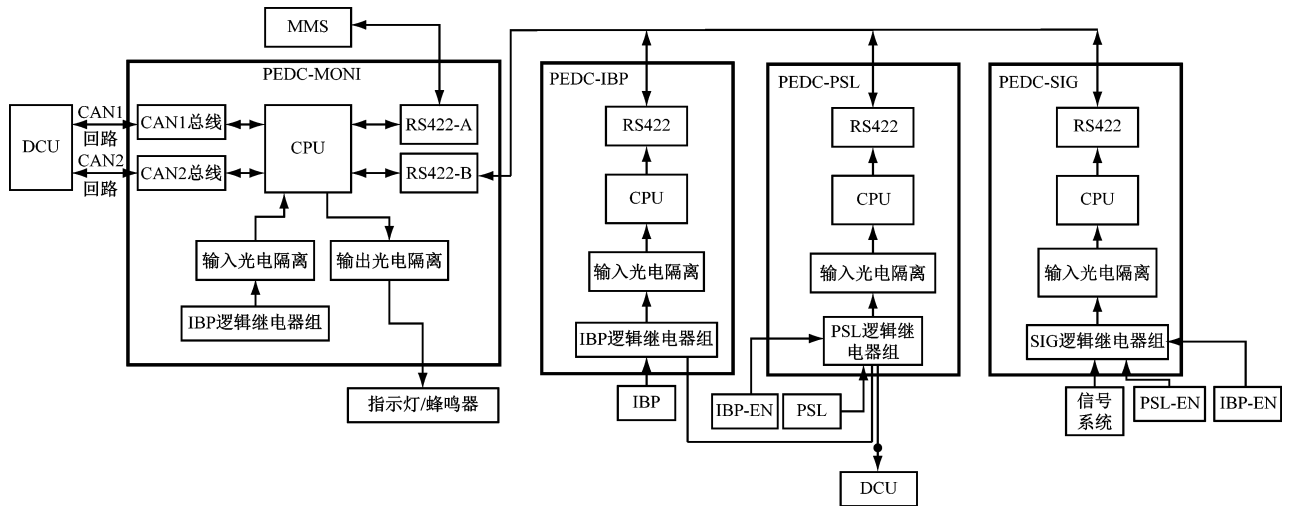
Fig. 2 Interface of platform screen door and signaling system

表 2 站台门与信号系统、综合监控接口

Tab. 2 Interface between platform door with signaling system and integrated supervisory system

接口名称	用途	接口位置	接口类型
SIG. PSD. P01	信号系统与站台门系统建立联锁关系,实现开、关门功能、门使能、关闭且锁紧,互锁解除功能	各车站站台门系统设备控制室内中央接口盘端子排	继电器接口(互锁解除采用开关触点输出)
SIG. PSD. P02	车门与站台门对位隔离功能	各车站站台门系统设备控制室内中央接口盘端子排	RJ45 接口
SIG. PSD. P03	信号系统与站台门系统建立通信接口,实现 PSD 开关门功能	各车站站台门系统设备控制室内中央接口盘	通信接口
IDCS. PSD. P01	综合监控系统实现对站台门运行状态的监视、故障进行声报警及查询运营记录等功能,由综合监控系统完成数据传输到 OCC。向站台门系统提供时钟信息	综合监控设备室	以太网接口,RJ45 接口
IDCS. PSD. P02	① 车站控制室 IBP 指示站台门状态和故障;② 紧急状况下,控制站台门开门、关门	车站控制室	硬线

注:IDCS 为综合调度指挥系统。



注:CAN 为控制器局域网;CPU 为中央处理器;RS422 为采用 4 线,全双工、差分传输、多点通信的数据传输协议;EN 为使能命令。

图 3 站台门 PEDC 结构图

Fig. 3 Structure diagram of platform screen door PEDC

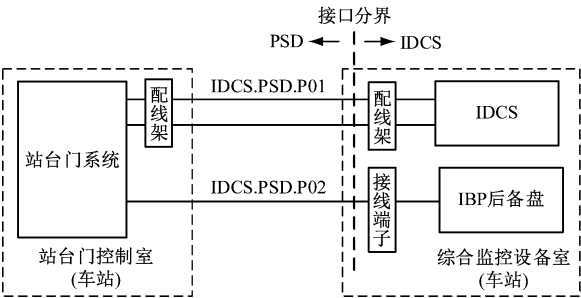


图4 站台门与综合监控系统界面图

Fig. 4 Interface of platform screen door and integrated monitoring system

3.3 PSL 与 PEDC 接口设计

PSL 优先级关系从高到低依次为 IBP、PSL、SIG。互锁解除钥匙开关为独立操作开关,不受 PSL 允许开关操作的联锁。任何情况下(以 24 V 电源接通为前提),试灯按钮按下时,PSL 面板所有指示灯点亮,用于测试指示灯是否正常。PSC 至 PSL 之间采用多芯硬线电缆(每芯导体截面积为 1.5 mm² 的铜芯标准绝缘电缆)。PSL 控制命令真值表和 PSL 互锁解除控制命令逻辑表如表 3 和表 4 所示。

表 3 PSL 控制命令真值表

Tab.3 PSL control command truth table

操作允许位	关门位	开门按钮	PSC 动作响应
0			不响应
1	0	0	不动作
1	1	0	关门
1	0	1	开门
1	1	1	关门

表 4 PSL 互锁解除控制命令

Tab.4 PSL interlocking release control command

互锁解除开关	安全回路旁路
OFF	OFF(初始状态)
OFF→ON	ON(瞬时闭合),安全回路旁路瞬时接通
ON	ON,安全回路旁路保持接通
ON→OFF	OFF(瞬时断开),安全回路旁路瞬时断开
OFF	OFF(初始状态),安全回路保持断开状态

4 结语

太原轨道交通 2 号线自 2020 年 12 月 26 日开

通以来,站台门各项功能及运营指标均满足国家相关要求,具有良好的适用性和操作性,提升了线路运营安全性和效率,对全自动运行系统站台门设计具有一定借鉴意义。由于全自动运行系统在国内仍处于起步阶段,全自动运行系统中站台门系统架构设计仍有进一步提升空间:

- 1) 可进一步缩小站台门与车门联动时间,以防止乘客误踏空。
- 2) 可进一步提高间隙探测装置可靠性,以实现每个站台门对间隙探测的需求。
- 3) 间隙探测器操作盘与 PSL 进行箱体融合,以进一步优化和美化站台门面向乘客界面的布局。

参考文献

[1] 丰文胜,王永星,薛强,等. 轨道交通全自动无人驾驶场景的新功能需求[J]. 铁道通信信号. 2020(2):83.
FENG Wensheng, WANG Yongxing, XUE Qiang, et al. Function requirement of completely automatic driverless operation scenario rail transit [J]. Railway Singalling & Communication, 2020 (2):83.

[2] 胡振亚,石杰红. 全自动运行的地铁站台门系统设计探讨[J]. 中国安全生产科学技术,2020(12):73.
HU Zhenya, SHI Jiehong. Discussion on the design of platform screen door system in fully automatic subway[J]. Journal of Safety Science and Technology,2020(12):73.

[3] 李帅,左艳芳,郭顺利,等. 基于全自动运行的智能站台门控制系统研究[J]. 铁路计算机应用, 2020(11):44.
LI Shuai, ZUO Yanfang, GUO Shunli, et al. Intelligent platform door control system based on fully automatic operation[J]. Railway Computer Application,2020(11):44.

[4] 李景虎. 基于城市轨道交通无人驾驶技术的站台门系统与信号系统接口设计与测试[J]. 城市轨道交通研究,2021(12):101.
LI Jinghu. Design and testing of platform screen door system and signaling system interface based on urban rail transit FAO technology[J]. Urban Mass Transit,2021(12):101.

[5] 李朝鹏,张国刚. 自动旅客运输系统站台门与信号系统接口设计[J]. 城市轨道交通研究,2019(10):66.
LI Chaopeng, ZHANG Guogang. Interface design between APM platform screen doorand signal system [J]. Urban Mass Transit, 2019(10):66.

(收稿日期:2022-04-25)