

信号系统更新改造中的站台门接口方案研究

李 聪 吴 刚

(广州地铁设计研究院股份有限公司, 510010, 广州)

摘 要 [目的]城市轨道交通信号系统达到寿命周期后,需对老化的信号设备进行更新改造。站台门接口属于信号系统更新改造的重要部分。由于站台门改造与信号系统改造周期不同步,需研究信号系统更新改造中的站台门接口方案,以实现新信号系统与既有站台门的接口功能,且满足信号系统改造过程中不影响既有信号系统与站台门接口功能。

[方法]新信号系统对既有站台门接口的适配以及新旧信号系统站台门接口倒接方案均属于信号系统改造过程的重点和难点。基于国内某信号系统更新改造中的站台门接口方案,阐述了信号系统与站台门接口功能;分析了信号系统控制命令分别采用脉冲信号及持续信号方式的接口时序;结合既有站台门接口电路及新信号系统特点,提出了既有站台门接口电路改造方法,可实现新信号系统适配既有站台门接口;设计了站台门接口倒接方案,可实现新、旧信号系统平稳过渡。[结果及结论]所提出的信号系统更新改造中的站台门接口方案,可实现新、旧信号系统与站台门接口的无缝过渡,并可在一定程度上提升站台门接口的可靠性。

关键词 城市轨道交通; 信号系统; 更新改造; 站台门接口

中图分类号 U291.1+2

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.12.060

Platform Screen Door Interface Solutions in Signaling System Upgrading and Renovation

LI Cong, WU Gang

(Guangzhou Metro Design & Research Institute Co., Ltd., 510010, Guangzhou, China)

Abstract [Objective] When urban rail transit signaling systems reach their lifespan end, the aging signaling equipment must be upgrade and renovated. The PSD (platform screen door) interface is a crucial part in signaling system upgrade. Since the renovation cycles of PSD and signaling system are not synchronized, it is essential to develop a PSD interface solution during the signaling system upgrade to ensure compatibility between the new signaling system and the existing PSD, while maintaining the interface functionality between them during the transition process of signaling system upgrade. [Method] The adaptation of the new signaling system to existing PSD interface and the PSD reverse connection scheme between new and old signaling systems are key challenges in the signa-

ling system renovation process. Based on the PSD interface solution of a specific signaling system upgrade project in China, the interface functions between the signaling system and PSD are explained, the interface time sequence of signaling system control commands using pulse and continuous signal methods separately is analyzed. Considering the characteristics of existing PSD interface circuit and new signaling system, a modification method for existing PSD interface circuit renovation is proposed, allowing the new signaling system to be compatible with the existing PSD interface. A reverse connection scheme for PSD interface is also designed to ensure a smooth transition between the new and old signaling systems. [Result & Conclusion] The proposed PSD interface solution in the signaling system upgrade and renovation ensures seamless transitions between the old/new signaling systems and PSD interfaces, while also improving the reliability of the PSD interface to some extent.

Key words urban rail transit; signaling system; upgrade and renovation; platform screen door interface

城市轨道交通信号系统通过与站台门接口实现列车在站台对标停稳后,控制站台门开门和关门。站台门状态纳入信号控车逻辑,当且仅当站台门关闭且锁紧时,列车方能正常进站或离站。本文研究的信号系统更新改造有关站台门接口方案基于3个前提条件:信号系统改造后采用与既有系统互不兼容的联锁系统,改造过程中存在新旧系统倒切;信号系统改造期间不存在站台门大修改造,即新信号系统需与既有站台门进行接口;既有信号系统与站台门接口功能均在本站实现,且全线开/关门信号存在脉冲和持续两种不同接口时序。

1 信号系统与站台门接口功能

信号系统与站台门接口通常位于站台门控制室控制柜的接线端子侧,采用硬线接口方式实现开门命令、关门命令、站台门关闭且锁紧、站台门互锁解除等4个信息的传递,具体如图1所示。

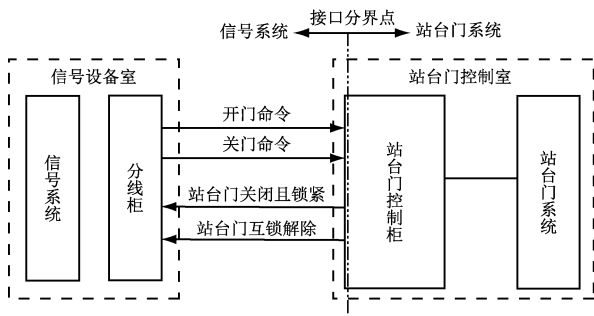


图1 信号系统与站台门接口示意图

Fig. 1 Schematic diagram of interface between signaling system and platform screen door

开门命令和关门命令由信号系统输出,包括无控制命令、有效开门命令、有效关门命令、异常命令等4种情形,站台门系统执行信号控制命令情况详见表1。

表1 信号控制命令

Tab.1 Signal control command

序号	开门信号	关门信号	动作结果
1	0	0	站台门系统不动作,即开启的门扇保持开启,关闭的门扇保持关闭
2	1	0	有效开门命令
3	0	1	有效关门命令
4	1	1	异常命令。站台门系统不动作,即开启的门扇保持开启,关闭的门扇保持关闭,且产生告警信息

站台门关闭且锁紧和站台门互锁解除信号为站台门系统输出的状态信号,其中,关闭且锁紧作为列车运行的必要条件,站台门互锁解除表示当前为站台人员人工操作模式下的开关门。信号系统对站台门状态信号的执行情况见表2。

表2 站台门状态信号

Tab.2 Platform screen door status signals

关闭且锁紧信号	互锁解除信号	动作结果
0	0	至少有一道 PSD(站台门)没有关闭且锁紧,不允许车站列车移动或列车进入车站
1	0	所有 PSD 关闭且锁紧,列车可以安全运行
0	1	信号系统与 PSD 的联锁关系解除,列车可正常进出站并完成车门操作。PSD 由站台工作人员人工操作
1	1	信号系统与 PSD 的联锁关系解除,列车可正常进出站并完成车门操作。PSD 由站台工作人员人工操作

2 信号系统控制命令接口时序分析

信号系统输出给站台门系统的开门/关门命令以高、低电平形式区分信息状态。为排除干扰信号,站台门系统通常会设定一个时长作为判定信息有效的条件。因此,信号系统输出至站台门接口的开门/关门命令可采用固定脉冲宽度的信号以满足站台门判定条件,也可采用持续发送开门/关门命令的方式,即开门命令和关门命令均为持续信号。目前两种信号控制命令方式在城市轨道交通均有应用。信号系统改造过程中,在满足既有接口功能的前提下,应考虑进一步提升站台门接口的抗干扰能力。

2.1 采用脉冲信号时的接口时序

采用脉冲信号时的站台门接口时序如图2所示。列车进入站台区对标停稳后,信号系统输出一个固定脉冲宽度(如1.5 s)的开门信号,站台门系统收到开门命令时,经过一定系统延时控制站台门开启。站停倒计时结束时,信号系统持续输出关门信号,站台门系统收到关门命令时,经过一定系统延时控制站台门关闭。信号系统收到站台门关闭且锁紧信号时,切断关门信号。

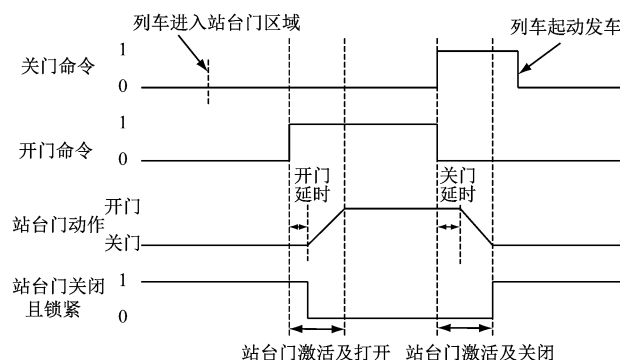


图2 采用脉冲信号时的站台门接口时序图

Fig. 2 Time sequence diagram of platform screen door interface when pulse signal is adopted

2.2 采用持续信号时的接口时序

采用持续信号时的站台门接口时序如图3所示。无开门命令情况下,信号系统持续向站台门发送关门信号。列车进入站台区对标停稳后,信号系统持续输出开门信号,同时取消发送关门信号,站台门系统收到开门命令时,经过一定系统延时控制站台门开启。站停倒计时结束时,信号系统输出关门信号同时切断开门信号输出,站台门系统收到关门命令时,经过一定系统延时控制站台门关闭。

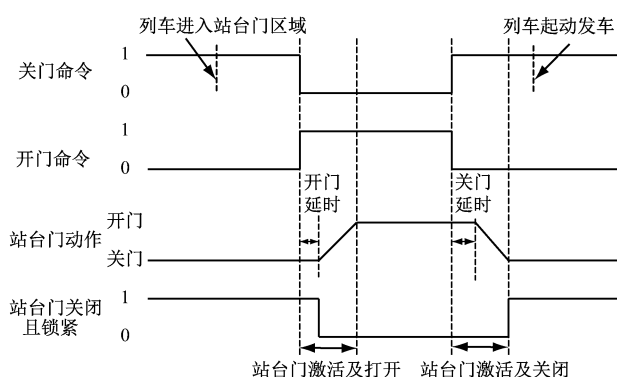


图 3 采用持续信号时的站台门接口时序图

Fig. 3 Time sequence diagram of platform screen door interface when continuous signal is adopted

2.3 不同接口时序的测试结果分析

某线路既有信号系统与站台门接口存在脉冲信号与持续信号两种接口方式,针对既有接口采用脉冲信号的车站,分别采用持续信号、脉冲信号对新系统进行测试,其测试场景如下:

1) 场景 1:持续发送开门命令,发出关门命令后断开开门命令,关门命令在门关好后结束。

2) 场景 2:发送脉冲(脉冲宽度为 5 s)开门命令,发送关门命令关门,在门关好后结束。

3) 场景 3:持续发送关门命令,仅在发送开门命令期间断开关门命令。

经现场测试,上述 3 个场景的测试均无异常情况、无异常报警,站台门能正常接收到开门和关门命令,并能正常打开和关闭站台门。

针对既有接口采用持续信号的情形,同样分别采用持续信号、脉冲信号对新系统进行测试,测试场景同上。

经现场测试,上述场景 1 和场景 3 的测试均无异常情况、无异常报警,站台门能正常接收到开门和关门命令,并能正常打开和关闭站台门。场景 2 测试过程中出现了站台门的异常报警,经查看后台数据发现,是由于站台门在门打开的状态下没有收到开门或关门命令。场景 2 中开门命令为脉冲信号,因此当开门命令结束后门依然是在打开状态,并且此时没有收到开门和关门命令,所以产生了报警。

综合上述场景测试结果,当既有线站台门控制命令采用脉冲信号时,更新改造后的信号系统无论采用脉冲信号或持续信号均可满足站台门接口要求;而当既有线站台门控制命令采用持续信号时,

更新改造后的信号系统至少满足开门命令为持续信号。从信号可靠性角度来看,持续信号相比脉冲信号具有更好的容错机制,不易受电流突变影响,因此对于既有接口无论是脉冲信号还是持续信号,采用持续信号进行更新改造对提升接口可用性和运营维护便利性更具有意义。

3 信号系统更新改造的站台门接口方案

3.1 新信号系统对既有站台门接口的适配分析

既有信号系统的门控柜与联锁执行柜采用继电器接口形式,信号系统侧设置开门继电器 KMJ、关门继电器 GMJ、门关闭且锁紧继电器 MGJ 和门旁路继电器 MPLJ,站台门侧设置 2 个开门继电器 KMJ1 和 KMJ2、2 个关门继电器 GMJ1 和 GMJ2。继电器接口电路如图 4 所示。

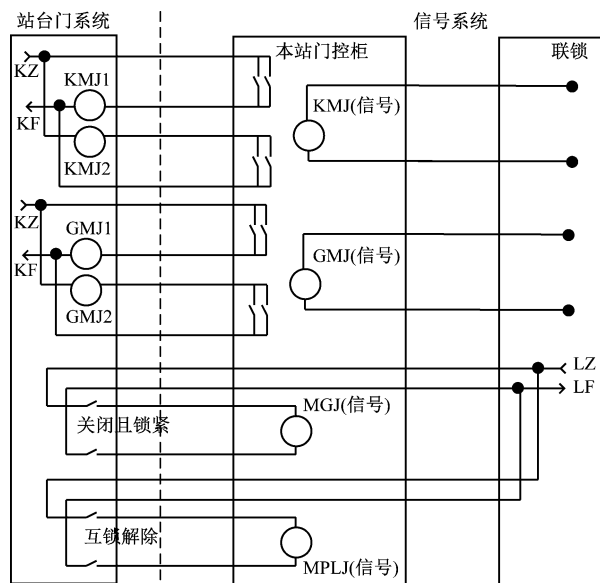


图 4 既有信号系统与站台门接口电路示意图

Fig. 4 Diagram of existing signaling system and platform screen door interface circuit

信号系统发出开门命令时,KMJ 励磁吸起,接通站台门侧开门继电器电路,站台门侧 KMJ1 和 KMJ2 励磁吸起后启动站台门动作电路;信号系统发出关门命令时,GMJ 励磁吸起,接通站台门侧关门继电器电路,站台门侧 GMJ1 和 GMJ2 励磁吸起后启动站台门动作电路。站台门处于关闭且锁紧状态时,通过站台门侧关闭且锁紧继电器的节点接通信号系统侧 MGJ 电路,信号系统根据 MGJ 状态判断是否满足发车条件。同理,站台门处于人工操作模式时,门旁路状态通过互锁解除继电器的节点

接通信号系统侧 MPLJ 电路,信号系统根据 MPLJ 状态判断是否满足发车条件。

改造后的信号联锁系统采用全电子联锁系统,信号系统侧不再单独设置门控柜,站台门控制电路即图 4 中的门控柜部分集成于设备集中站全电子执行板卡。全电子执行板卡相比继电器形式具有更高的冗余性,全电子板卡集成度高,可大幅缩减机柜空间,有利于降低系统改造实施难度。以开关门控制电路部分为例,其接口原理如图 5 所示。



图 5 开关门命令接口示意图

Fig. 5 Interface diagram of door opening and closing commands

联锁全电子执行单元集中设置在设备集中站。对于设备集中站,改造后的站台门接口电路控制距离与既有的保持一致;对于非设备集中站,改造后的站台门接口电路实际增加了 2 倍设备集中站至非设备集中站的距离,由于控制电缆长度增加,控制电路压降也相应增大,按常规的 $12.2 \Omega/\text{km}$ 的电缆电阻计算,站台门继电器驱动电流设定为 0.25 A ,

对于 4 km 的区间电缆压降将达到 24.4 V 。经某线路现场测试,站台门侧继电器测试结果如下:

- 1) 站台门侧输出的驱动电源电压为 60.0 V 。
- 2) 驱动电源电压在 45.0 V 时继电器可以稳定吸起;驱动电源电压降到 42.0 V 时继电器虽能吸起,但是速度较慢,吸起过程存在卡顿情况。
- 3) 继电器在吸起状态时,若驱动电压降到 13.4 V ,可以稳定落下。

因此,采用全电子联锁系统进行改造时,站台门侧输出的驱动电源电压需为可调电压,否则在设备控制距离过长时将存在继电器无法励磁的情况,需对应修改站台门侧电源模块或将开关门控制电路部分保留在本站。

对于站台门接口电路的关闭且锁紧及门旁路部分,由于驱动电源来自信号系统侧,因此改造后的信号系统通过调整输出电压可实现继电器可靠吸起。

3.2 新旧信号系统过渡阶段的站台门接口倒接方案

新信号系统调试期间,站台门接口须在新旧信号系统间来回倒接。新旧信号系统倒接可通过倒接开关实现。倒接开关采用两位倒接开关形式,单个倒接开关设有多组继电器节点,常态处于落下状态,通过操作倒接开关控制继电器节点连接状态。

倒接开关设置在既有信号系统分线柜和门控柜之间,如图 6 所示。既有信号系统工作时,倒接开关控制的继电器处于落下状态,接通既有分线柜与

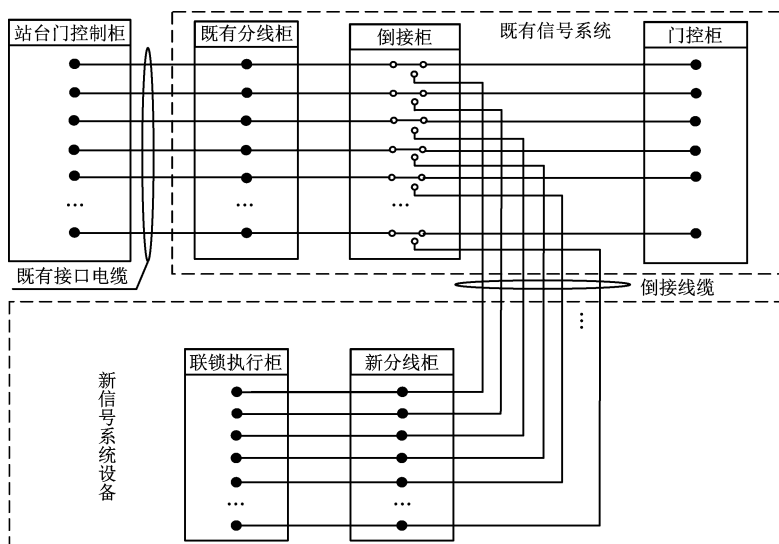


图 6 站台门接口倒接示意图

Fig. 6 Diagram of platform screen door interface reverse connection

既有门控柜,新信号系统与站台门接口断开,无法采集站台门状态和站台门控制命令。新信号系统调试时,人工操作倒接柜的倒接开关,倒接开关控制的继电器吸起,接通既有分线柜与新设分线柜,此时既有信号系统处于断开状态,新信号系统站台门接口可正常进行调试。新信号系统割接时,新信号系统分线柜直接采用接口电缆连接至站台门侧接口端子,然后断开既有站台门接口电缆。新信号系统投入运营后,逐步拆除既有信号系统设备及倒接柜。

倒接开关可实现新旧信号系统的有效隔离,新旧信号系统分界面清晰,有利于新信号系统调试期间故障排查。为尽量减少对既有配线端子改动带来的风险,在既有分线柜具有设置空闲端子板的条件下,将既有门控柜至既有分线柜间的线缆改至既有分线柜扩展的接线端子,在既有分线柜实现倒接柜与门控柜的连接,无需改动既有门控柜配线端子,可进一步降低现场实施难度。

4 结语

随着运营年限增长,未来会有越来越多的城市轨道交通运营线路需要进行信号系统更新改造,新信号系统配置趋向于设备集中化和联锁全电子化。本文针对既有站台门接口电路在本站通过继电逻辑实现的情况,结合既有站台门接口电路特点及控制距离对改造后的站台门接口方案进行分析,并从新旧信号系统倒接角度提出了站台门接口的平稳过渡方案。

参考文献

[1] 国家铁路局. 铁路信号设计规范:TB 1007—2017[S]. 北京:中

国铁道出版社,2017.

National Railway Administration. Code for design of railway signalling: TB 1007—2017[S]. Beijing: China Railway Publishing House,2017.

[2] 戴翌清. 城市轨道交通信号系统更新改造需求分析[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(11):14.

DAI Yiqing. Demand analysis of urban rail transit signal system renovation[J]. Urban Mass Transit, 2022, 25(11):14.

[3] 梁波, 郑旻, 蔡长江. 既有信号系统改造新旧联锁设备倒切方案研究[J]. 交通与运输, 2023, 39(6):36.

LIANG Bo, ZHENG Min, CAI Changjiang. Switching scheme of old and new interlocking equipment in the transformation of existing line signal system[J]. Traffic & Transportation, 2023, 39(6):36.

[4] 包佳伟, 吕丰武, 徐烨, 等. 大修线路信号系统改造方案的研究[J]. 铁道通信信号, 2020, 56(4):91.

BAO Jiawei, LYU Fengwu, XU Ye, et al. Research on signal system transformation scheme of overhaul line[J]. Railway Signalling & Communication, 2020, 56(4):91.

[5] 张惺. 城市轨道交通信号系统大修改造工程设计重点分析[J]. 铁道通信信号, 2022, 58(8):79.

ZHANG Xing. Key points in engineering design of overhaul or renovation project of signal system in urban rail transit[J]. Railway Signalling & Communication, 2022, 58(8):79.

· 收稿日期:2024-06-21 修回日期:2024-07-10 出版日期:2024-12-10

Received:2024-06-21 Revised:2024-07-10 Published:2024-12-10

· 通信作者:李聪,工程师,550281907@qq.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

2024 年 10 月份我国城市轨道交通运营数据

2024 年 10 月,31 个省(区、市)和新疆生产建设兵团共有 54 个城市开通运营城市轨道交通线路 313 条,运营里程 10 455.3 km,实际开行列车 349 万列次,完成客运量 27.7 亿人次,进站量 16.5 亿人次。客运量环比增加 1.9 亿人次、增长 7.1%,同比增加 1.1 亿人次、增长 4.2%;总运营里程的平均客运强度为 0.853 万人次/(km·d),环比增长 3.3%,同比降低 1.8%。其中,地铁、轻轨、市域快速轨道等大运量线路共 273 条,运营里程 9758.0 km,完成客运量 27.2 亿人次,进站量 16.1 亿人次;单轨、磁浮等中运量线路共 7 条,运营里程 202.5 km,完成客运量 3 779 万人次,进站量 2 737 万人次;有轨电车、自动导向轨道等低运量线路共 33 条,运营里程 494.8 km,完成客运量 1 154 万人次,进站量 1 099 万人次。新增运营里程 14.8 km,新增运营区段 1 个,为武汉地铁 7 号线北延段(前川线)二期。

(来源:交通运输部官网)