

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2025.01.009

# 四网融合下城市轨道交通自适应 站台门设计与分析

王玉珏<sup>1,2</sup>, 陈卓<sup>1,2</sup>, 马松<sup>1,2</sup>, 刘潇洋<sup>3</sup>

(1. 北京市轨道交通建设管理有限公司, 北京 100068; 2. 城市轨道交通全自动运行系统与安全监控北京市重点实验室, 北京 100068; 3. 北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082)

**摘要:** 针对四网融合中不同线路、车型间站台门系统的兼容性问题, 本研究提出自适应站台门系统设计方案, 包括改进机械结构、优化控制系统算法、提升智能化水平及增强间隙探测系统能力等在内的综合性解决方案。这些方案旨在提高站台门系统的灵活性和安全性, 以更好地适应不同车型和运营模式的需求。通过多种车型的适应, 减少车站规模, 降低城市轨道交通建设成本。研究成果以期在城市轨道交通四网融合背景下的站台门系统升级提供参考和借鉴。

**关键词:** 城市轨道交通; 四网融合; 站台门系统; 多车型; 自适应站台门; 方案设计

中图分类号: U231; U291 文献标志码: A 文章编号: 1672-6073(2025)01-0070-05

## Design and Analysis of Platform Screen Door Technical Solutions Adapting to Multiple Vehicle Models under the Background of “Four Networks Integration”

WANG Yujue<sup>1,2</sup>, CHEN Zhuo<sup>1,2</sup>, MA Song<sup>1,2</sup>, LIU Xiaoyang<sup>3</sup>

(1. Beijing MTR Construction Administration Corporation, Beijing 100068; 2. Beijing Key Laboratory of Fully Automatic Operation and Safety Monitoring for Urban Rail Transit, Beijing 100068; 3. Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Beijing 100082)

**Abstract:** Addressing the compatibility issues of platform screen door (PSD) systems across different lines and vehicle types within the context of “four-network integration,” this study innovatively proposes a design scheme for an adaptive PSD system, encompassing comprehensive solutions such as improving mechanical structures, optimizing control system algorithms, enhancing intelligence levels, and bolstering gap detection system capabilities. These solutions aim to elevate the flexibility and safety of PSD systems, thereby better accommodating the needs of diverse vehicle types and operational modes. By facilitating the adaptability to multiple vehicle types, they contribute to reducing station sizes and lowering construction costs for urban rail transit. This research provides valuable reference and insights for the upgrading of PSD systems under the backdrop of “four-network integration” in urban rail transit. By optimizing the design and functionality of PSD systems, it can effectively mitigate the impact of multiple vehicle types on PSD systems, further facilitating the smooth implementation of “four-network integration.”

**Keywords:** urban rail transit; four-network integration; platform screen door; multiple models; adaptive PSD system; scheme design

收稿日期: 2023-12-08 修回日期: 2024-10-10

第一作者: 王玉珏, 女, 硕士, 工程师, 主要从事轨道交通行业机电工程技术研究和建设管理工作, 18911276707@163.com

基金项目: 北京市科委(Z181100003918006)

引用格式: 王玉珏, 陈卓, 马松, 等. 四网融合下城市轨道交通自适应站台门设计与分析[J]. 都市轨道交通, 2025, 38(1): 70-74.  
WANG Yujue, CHEN Zhuo, MA Song, et al. Design and analysis of platform screen door technical solutions adapting to multiple vehicle models under the background of “four networks integration”[J]. Urban rapid rail transit, 2025, 38(1): 70-74.

2019年9月,中共中央、国务院印发的《交通强国建设纲要》指出:推进干线铁路、城际铁路、市域(郊)铁路、城市轨道交通的融合发展<sup>[1]</sup>。同期,京津冀、珠三角、长三角等各地区也都提出了四网融合的发展规划。其中,2021年北京市十四五规划中就指出:加快构建圈层式、一体化轨道交通网络,扎实推进干线铁路、城际铁路、市郊铁路、地铁的四网融合,实现轨道交通与城市协调融合发展,让市民乐享“轨道上的都市生活”<sup>[2]</sup>。这一战略决策不仅强调了轨道交通内部的互联互通,还预示了跨制式轨道交通相互融合的趋势。

对现有站台门设备系统进行调研,发现大部分研究主要集中在对城际铁路站台门系统的初步探讨<sup>[3]</sup>,传统适应城市轨道交通大客流工况下站台门系统的安全性、可靠性,以及城际铁路站台门系统应用的讨论<sup>[4]</sup>,鲜有关注适应多种车型的需求。通过实际项目调研发现,北京在建线路研究灵活编组混跑模式,虽然适应了不同编组,但其开门模式较为简单,尚不能满足跨线运营带来的兼容多种车型的复杂场景;国铁方面近些年来才逐步有适应多种车型站台门的尝试,但由于运营模式与城市轨道交通差异性较大,与城市轨道交通运营需求还存在一定差异。

本文针对城市轨道交通在四网融合背景下对站台门系统提出的新要求,提出了自适应站台门系统的设计方案,包括改进机械结构、优化控制系统算法、提升智能化水平及增强间隙探测系统能力等在内的综合性解决方案。这一方案不仅可以解决站台门适配多种车型的问题,还可提高站台门系统的灵活性和适应性,使其能够更好地服务于不同制式的轨道交通车型。

## 1 适应多车型站台门需求分析

### 1.1 轨道交通站台门系统

城市轨道交通站台门系统具有两大功能:第一,保证乘客的候车安全;第二,封闭式站台门可隔绝站台候车区与轨行区气流交换,减少热量损失,提高候车舒适性,实现节能目的<sup>[3]</sup>。由于城市轨道交通普遍单线路运行、车型单一,城市轨道交通站台门系统设计重点考虑本线路列车车门与滑动门位置一一对应,通常不考虑其他列车混跑入本线路情况。站台门的安装位置靠近站台边缘安装,以保证乘客安全。

### 1.2 城际铁路站台门系统

我国高速铁路动车组车型较多,截至2023年底,

全路正式配属47款载客运用车型。由于车型较多,且乘客站台候车时间较短,常规铁路车站通常不设置站台门系统。但随着我国城际铁路的不断发展,部分城际线路通常采用站台门退台或加大开度的设置模式。

### 1.3 站台门系统差异性

国铁与地铁在候车方式、列车类型、运行速度以及限界等方面有着显著差异(表1),在推进“四网融合”运营模式的过程中,必须综合考虑多种运行组织模式、多样化车型以及技术差异对站台门系统可能带来的各种问题,这样才能确保站台门系统既能适应国铁与地铁不同制式的需求,又能保障乘客的安全与便利。站台门设置差异性对比见表2。

表1 站台门设置条件差异性对比分析

Table 1 Comparative analysis of the differences in platform door setting conditions

项目	地铁	国铁/城际
候车形式	站台候车	站厅候车
列车类型	车型唯一	多种车型
运行速度	速度较慢,一般为120 km/h以下,多数为80 km/h	速度较快,城际铁路160 km/h;高速铁路250~350 km/h
站台建筑限界	1 780 mm	地下站1 850 mm 地面站1 950 mm

表2 站台门设置差异性对比分析

Table 2 Comparative analysis of the differences in platform door settings

项目	地铁	国铁/城际
是否设置	设置	通勤模式设置
设备选型	全高封闭型站台门/ 全高非封闭型站台门/ 半高站台门	半高站台门为主 (个别地下车站采用全高封闭型/非封闭型站台门)
安装位置	紧邻限界安装	退台1.2 m安装
风压影响	需考虑	无需考虑,退台影响小
对应车型	单一车型	多种车型
车门联动	信号联动	手动或信号联动

### 1.4 适应多种车型站台门需求

作为服务于城市内通勤客流的城市轨道交通,由于其承担着城市公共交通的主要运力,在早晚高峰期,车站客流大、行车间隔密,传统退台或加大开度方式对乘客容易造成安全隐患。因此,能够适应轨道交通高强度、密集车次、大运量的运营模式,还可以满足不同车辆跨线运行的站台门系统,是满足未来轨道交通互联互通以及四网融合背景下跨线运营的基础条件。

## 2 适应多车型站台门方案

### 2.1 适应多车型站台门现状调研

目前,能够适应多车型的站台门系统主要在国铁及国外一些互联互通线路上有一定的应用。国内主要调研了北京、深圳、郑州、成都等城市(见图1),国外对日本大阪进行了详尽考察研究(见图2)。根据目前调研结果,适应多种车型站台门已有多种解决方案,包括退台安装站台门、升降式站台门、套叠式站台门以及自适应站台门4种典型形式(见表3),从解决思路上来说,通常以退台、增大开度或增加开门区域这3种方式为主。



图1 京雄城际退台安装站台门

Figure 1 Installation of platform screen doors at stations along Beijing-Xiongan intercity railway during platform retreat



图2 JR梅北(大阪)站站台门

Figure 2 Platform screen doors at JR Umekita (Osaka) Station

表3 适应多车型站台门调研汇总表

Table 3 Summary table of platform screen door research for multiple train types

方案名称	方案概述	典型案例
退台安装	通过退台 1.2 m 形成一个通道,站台门按多种车型车门位置统一考虑距离较近位置开门,通过 1.2 m 通道适应不同车型	京雄城际新机场站
升降式站台门	通过扩大开度实现对多种车型的适应,最大开度可以做到 8~10 m,采用绳索或板式,适用于铁路地上车站	郑州东站
套叠式站台门	通过扩大开度实现对多种车型的适应,最大开度可以做到 4 m,对车型适用较少	深圳福田站
自适应站台门	通过增加站台门区域滑动门占比,增加可开门区域,实现对多种车型的适应。现状以增加开度适应多种车型为主	JR 梅北(大阪)站;天府机场站

### 2.2 适应多车型站台门设置方案

目前,适应多种车型站台门系统有退台及采用新型站台门贴台两种安装方案,但通过实地调研和深入分析,这些方案若直接应用在未来“公交化”运营的轨道交通中,均存在潜在风险和挑战<sup>[4]</sup>。

1) 退台模式适应多种车型方案。退台方案通常考虑在站台门距站台边缘留有一定的距离,这样站台门可以与车门对齐,乘客通过人行通道移动进入车门。例如京雄城际站台门设置模式,退台方案的一大优势在于,通过设计退台可以有效解决多种车型停靠同一站台的问题,同时退台的间距也有助于降低站台门正线高速通过车辆时产生的风压影响。但退台方案也存在一些不容忽视的问题。首先,由于需要预留退台空间,导致站台宽度增加,进而增加车站的土建工程量,增加项目的初期建设投资;其次,退台后车门与站台门的距离增大,在采用公交化站台候车时,这种较大的间隙可能使乘客容易滞留其中,给运营带来一定的安全隐患。

2) 新型站台门方案。新型站台门包含升降式站台门、套叠式站台门或自适应的可移动式站台门,该方案普遍通过增加门体开度或通过控制车门所对应滑动门来实现对多种车门的适应,其中,升降式站台门不太适应城市轨道交通的运营现状。而套叠式站台门及自适应站台门能够靠近站台边缘安装,通过控制门体打开模式调整滑动门开门大小。该方案的优势在于,站台门能够紧密贴近站台边缘安装,从而最大限度地减少对站台空间的占用。这不仅有助于降低运营和土建投资成本,还能有效减少人员滞留于站台门与列车之间缝隙中的风险,提升运营安全性。然而,目前自适应站台门仅在国铁车站上存在一定尝试,还需要结合轨道交通运营特点对关键技术进行优化。

## 3 自适应站台门关键技术方案

相较于传统站台门系统与车门一一对应的特性,自适应站台门系统通过设置大范围滑动门区域,针对不同车型控制滑动门开度及开启位置,满足多种车型对位开门的一种新型站台门系统,其关键技术主要包含门体宽度设计、滑动门开度控制方式、控制系统方案以及间隙探测方案等关键技术。

### 3.1 门体宽度设计关键技术

常规站台门因为开门位置固定,站台门宽度通常只需要考虑车门开度+信号停车误差,而自适应站台

门由于其开度是通过移动滑动门位置,如何确定自适应站台门各滑动门的最大和最小宽度,是自适应站台门的关键点。

1) 滑动门最大宽度设计。假如站台需停靠车型 A、车型 B 和车型 C,车型 A 相邻两车门间距为  $L_a$ ,车型 B 两车门间距为  $L_b$ ,车型 C 两车门间距为  $L_c$ ,且  $L_a > L_b > L_c$ ,那么要满足 3 种车型情况下每个车门对应两扇滑动门对开,滑动门能设计的最大宽度  $L_{max} = L_c/4$ 。

2) 滑动门最小宽度设计(图 3)。将不同车型、编组情况下车门位置投影在站台上,当不同车型车门最大宽度为  $X$  时,对车门投影位置错位最大的区域进行分析。 $Y$  为投影车门位置最大错位宽度。根据规范要求,滑动门要满足在  $\pm Z$  停车误差的情况下,车门与滑动门正对。因此滑动门最小宽度  $L_{min} = (2X + Y + 2Z)/3$ 。

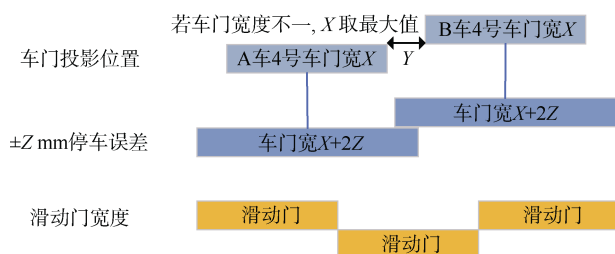


图 3 滑动门最小宽度

Figure 3 Minimum width of sliding doors

### 3.2 滑动门开度控制方式

自适应站台门由于其门体开门区域较多,当适应多种车型时,通常有以下两种方式进行开度控制。

1) 加大开度方式。自适应站台门开度满足车门开度加停车精度的要求,同时按照传统站台门收门情况,将滑动门完全收至另一处滑动门后面。如:以市域 D 型车为例,通常客室车门开度为 1 200 mm,如采用 C2+ATO(automatic train operation, 列车自动驾驶)信号系统,其停车精度为  $\pm 500$  mm、滑动门宽度选用 1 200 mm,滑动门不能够任意位置控制时,需按固定限位控制,即加大开度,滑动门开度为 2 400 mm。此时,站台门开度较常规设计开度(2 200 mm)会加大。

2) 行程控制方式。自适应站台门开度满足车门开度加停车精度的要求,同时滑动门可以采用行程控制的方式。如:以市域 D 型车为例,通常客室车门开度为 1 200 mm,如采用 C2+ATO 信号系统时,其停车精度为  $\pm 500$  mm、滑动门宽度选用 1 200 mm,滑动门可以通过行程控制的方式使开度保留在 2 200 mm。此

时,站台门开度与常规设计一致。

3) 方案推荐。加大开度的方式从控制逻辑上相对于行程控制的方式较为简单,但行程控制则可以更灵活地实现任意位置的开门,为适应更多车型提供了更好的解决思路。

### 3.3 控制系统方案

不同于常规站台门的固定开关门方式,采用自适应站台门后,控制系统通常需要识别列车型号,通过模式控制的方式,控制滑动门至相应模式的位置,从而满足不同列车车门与站台门的对位。根据列控方式不同分为 ATO 联动及手动控制模式。

1) ATO 联动控制。如采用 CTCS(China train control system, 中国列车控制系统)+ATO 信号控制系统,可以通过 ATO 发送车型信息联动站台门系统,完成相关门体的自动打开(图 4)。

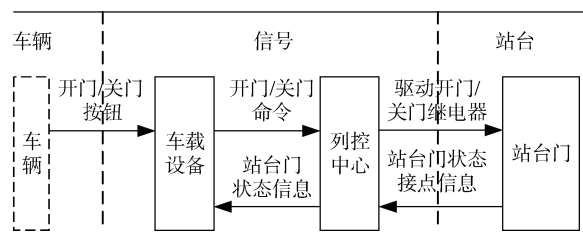


图 4 车门与站台门联动原理

Figure 4 The principle of linkage between train door and platform door

司机按压开/关门按钮(手动模式下)→ATO 发送开/关门命令及车型信息→TCC(train control center, 列控中心)驱动开/关门继电器(信号侧)→开/关门继电器接点动作(信号侧)→开/关门继电器动作(站台侧)→站台门打开/关闭。

同时,站台门需向车载反馈站台门状态信息,其过程如下<sup>[5]</sup>:门锁闭/门报警/门旁路继电器接点动作(站台门侧)→门锁闭/门报警/门旁路继电器动作(信号侧)→TCC 采集门锁闭/门报警/门旁路继电器接点→TCC 发送车门和站台门状态信息→ATO。

2) 手动控制模式。当跨线车辆不具备 ATO 功能,不能通过车地通信将车型及开关门信息发送至站台门系统时,则需提前在站台门控制系统中设置本线存在列车的车型信息,在运营过程中提前获得车型信息,由站务人员现场手动控制,实现不同车型的站台门开启及关闭。也可以通过设置车辆识别系统,通过视频的方式识别跨线车辆上标注的车型信息识别车型,同时还可以通过对车速的判断以及停车误差的分析,判

断列车是过站还是停靠站,如停靠站,则可以通过停车误差判断停车位置,通过算法调整开门区域,适应实际停车位置,再由站务人员手动开门。避免因临时换车型或站务人员对车型的操作失误造成车门与站台门不对应的情况。

3) 控制总线方案。由于自适应站台门滑动门数量较多,控制逻辑及控制方式较为复杂,如采用传统的硬线控制或工业总线控制,可能存在系统复杂、传输数据量较少的缺点。因此,当采用自适应站台门时,可以采用工业以太网的控制系统,其传输的信息量更大、反应周期更快、运营效率更高、维护更精准快捷<sup>[6]</sup>,可以更好地满足自适应站台门系统的控制需求。

### 3.4 间隙探测方案

铁路跨线运行后,为满足铁路限界要求,限界需满足 1 850 mm,相比于轨道交通 1 780 mm 的限界要求加大了 70 mm,因此造成站台门与车车间的缝隙会更大。自适应站台门开门位置不一致,无法简单套用常规站台门间隙探测方式,因此间隙探测技术的选用也较为关键<sup>[7]</sup>。采用激光雷达探测方式(见图 5),激光雷达采用沿滑动门上方门机梁均匀布置安装方式,对滑动门覆盖区域进行全覆盖探测,相比传统的红外激光检测方式,激光雷达方式可实现空间检测,具有检测距离远、探测位置精确、可靠性高等优点<sup>[8]</sup>。



图 5 激光雷达探测

Figure 5 LiDAR Detection

## 4 结语

在四网融合背景下,本研究针对站台门系统多车型兼容性问题,提出了自适应站台门系统的设计方案,包括自适应站台门滑动门门体宽度选型设计、自适应模式下滑动门门体开度控制方式、滑动门与车门联动模式、控制总线优化以及间隙探测推荐方案,为自适应站台门在轨道交通运行环境下提出了可行性方案。通过优化设计,合理缩减车站规模,降低建设成本,为四网融合提供技术支持。

未来,能够适应高强度、大运量运营模式,满足不同车型跨线运行需求的站台门系统,不仅能为线网的车辆互联互通和线路资源共享创作有利条件,更能为乘客提供安全、便捷、舒适的乘车环境。研究成果以期为城市轨道交通四网融合背景下的站台门系统升级提供参考和借鉴。

### 参考文献

- [1] 新华社. 中共中央国务院印发《交通强国建设纲要》[EB/OL]. (2019-09-19) [https://www.gov.cn/zhengce/2019-09/19/content\\_5431432.htm](https://www.gov.cn/zhengce/2019-09/19/content_5431432.htm).
- [2] 北京市第十五届人民代表大会第四次会议关于北京市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要的决议[J]. 北京市人大常委会公报, 2021(1): 50-142.
- [3] 孙晓亮. 高速铁路和城际铁路车站站台门设置必要性研究[J]. 工程建设与设计, 2019(1): 100-102.  
SUN Xiaoliang. Research on the necessity of setting platform screen doors in high speed railway and intercity railway stations[J]. Construction & design for engineering, 2019(1): 100-102.
- [4] 方恒堃, 张利剑. 城际铁路公文化运营客服系统研究[J]. 铁道标准设计, 2020, 64(6): 42-46.  
FANG Hengkun, ZHANG Lijian. Research on mass transit customer service system of intercity railway[J]. Railway standard design, 2020, 64(6): 42-46.
- [5] 严伟. CTCS<sub>2</sub>+ATO 系统车门与站台门联动问题[J]. 铁路通信信号工程技术, 2022, 19(7): 34-39.  
YAN Wei. Discussion on linkage between train doors and platform screen doors of CTCS<sub>2</sub>+ATO system[J]. Railway signaling & communication engineering, 2022, 19(7): 34-39.
- [6] 李安福. 工业以太网 PROFINET 在站台门系统中的应用及优化[J]. 铁路通信信号工程技术, 2023, 20(8): 83-89.  
Li Anfu. Application and optimization of industrial ethernet PROFINET in platform door systems[J]. Railway signaling & communication engineering, 2023, 20(8): 83-89.
- [7] 林耀, 韩飞, 戴晓彬, 等. 站台门防夹系统 3D 激光雷达检测法技术应用[J]. 铁道标准设计, 2021, 65(12): 157-162.  
LIN Yao, HAN Fei, DAI Xiaobin, et al. Technology application of 3D lidar detection method for platform door anti pinch system[J]. Railway standard design, 2021, 65(12): 157-162.
- [8] 陈卓, 张世勇, 李晓宁. 基于激光雷达技术的智能间隙探测系统适应性分析[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(12): 161-164.  
CHEN Zhuo, ZHANG Shiyong, LI Xiaoning. Adaptability analysis of intelligent gap detection system based on lidar technology[J]. Urban mass transit, 2019, 22(12): 161-164.

(编辑: 王艳菊)