

城市轨道交通全自动运行模式下站台门相关问题研究*

黄 俪¹ 王 炯² 李梦和¹

(1. 南宁轨道交通集团有限责任公司, 530029, 南宁;

2. 上海申通轨道交通研究咨询有限公司, 201103, 上海 // 第一作者, 高级工程师)

摘 要 城市轨道交通全自动运行模式下,对站台门系统的可靠性和安全性提出了更高的要求。对于站台门与车门间隙有害空间问题,提出了在滑动门门体安装填充装置以从根源上消除有害空间;对于应急门设置中存在的问题,针对“当列车未在站台区域停准且无法再动车,需要工作人员登车处置”的运营需求,提出了相应的解决方案;针对车站站台门远程自检测试问题,提出了技术实现时需重点考虑的事项。

关键词 城市轨道交通;全自动运行;站台门

中图分类号 U291.1⁺2;U29-39

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.09.029

Issues Concerning Platform Screen Doors under Urban Rail Transit Fully Automatic Operation

HUANG Li, WANG Jiong, LI Menghe

Abstract Under FAO (fully automatic operation) mode of urban rail transit, higher reliability and safety requirements of the platform door system are put forward. Regarding the harmful space between the platform door and the vehicle door, a solution is proposed to install a filling device on the sliding door body to eliminate the harmful space from the root cause. Regarding problems in the setting of emergency doors, corresponding solutions are proposed for the operational requirements of ‘when the train has not stopped at the platform area and cannot move, the staff needs to board the train for disposal’. Aiming at the remote self-inspection test of the station platform door, the key items that need to be considered when the technology is realized are proposed.

Key words urban rail transit; FAO (fully automatic operation); platform screen door

First-author's address Nanning Rail Transit Co., Ltd., 530029, Nanning, China

信、控制和系统集成等技术实现列车运行全过程自动化的新一代城市轨道交通系统,具有更安全、更高效、更节能、更经济、更高服务水平的突出优点^[1]。目前,对于FAO线路站台门系统的研究主要集中在站台门与车门对位隔离、站台门与车门间隙探测装置等方面,而对于如何减少站台门与车门间隙、应急门设置数量以及远程开关门测试这三方面内容鲜有相关研究。本文重点对这三方面内容进行分析 and 探讨。

1 站台门与车门间隙有害空间消除装置

1.1 风险分析

关闭后的站台门与关闭后的车门之间存在一定的间隙,如果有人在车门和站台门关闭时进入该间隙,列车司机或站务人员若未察觉,可能会发生重大人身伤亡事故。

根据GB 50157—2013《地铁设计规范》5.3.8-3节的要求,车站设置站台门时,站台门的滑动门体至车辆轮廓线(未开门)之间的净距,当车辆采用塞拉门时应为 130^{+15}_{-5} mm,当车辆采用内藏门或外挂门时应为 100^{+15}_{-5} mm。规范中的“滑动门体”为门框最外沿处,但门框厚度一般为60 mm,乘客滞留在站台门和车门之间的间隙时,可能因受挤压跨越门框来到滑动门玻璃处。根据上述限界分析,滑动门玻璃至车体间距至少为190 mm(塞拉门)或160 mm(内藏门或外挂门)。而内藏门车体车门由于内凹,故车门离车体距离为90 mm(A型车)或80 mm(B型车),此时滑动门至车门(内藏门)间距至少为240 mm。此外,实际施工安装时一般会考虑站台门变形量,因此,安装完成后,站台门门体至轨道侧将更靠外10 mm左右。所以,无论采用何种形式的车体,站台门玻璃至列车车门的间距至少为200 mm。

全自动运行(FAO)系统是基于现代计算机、通

* 南宁轨道交通集团有限责任公司项目(南轨科[2019]01号)

这一间隙足以使一名正常体格的成年人滞留其中。

图 1 站台门与列车车门间隙有害空间示意图。

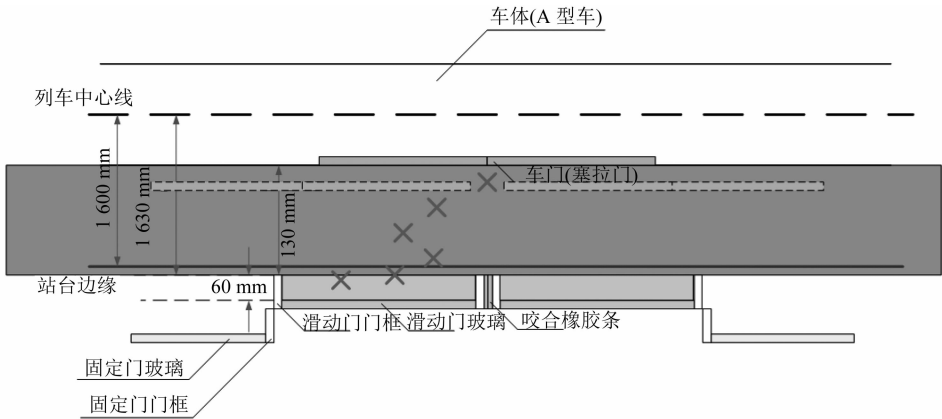


图 1 站台门与列车车门间隙有害空间示意图

1.2 风险预防技术手段

在站台门与车门之间通过设置间隙探测装置、瞭望光带、防夹挡板与防站立装置等设施可有利于对风险进行防控。但在实际使用过程中,这些措施均存在一定问题(见表 1)。

表 1 站台门与列车车门间隙有害空间风险预防措施存在问题分析

序号	预防措施	存在问题
1	间隙探测装置 (红外、激光、雷达、图像等)	由于接入安全回路,若探测装置故障率或误报率较高,则会影响 FAO 行车效率; 激光、红外探测装置容易受站台振动等因素影响,会导致检测信号不稳定,容易发生误报; 雷达型、图像型探测装置鲜有完整线路的应用案例,且成本较高
2	瞭望光带	需要司机下车人工瞭望,对 FAO 线路不适用; 适用范围有限,对于曲线站台,存在较大盲区;对于高架站台,容易受人流、天气、其他光源干扰,影响探测效果
3	防夹挡板与防站立装置	在站台门已关闭而车门未关闭,乘客被挤出车门的场景下,防夹挡板不起作用; 防夹挡板与光束探测装置安装高度存在冲突; 防站立装置受限于高度,防护作用有限

1.3 消除有害空间装置

乘客滞留在列车门与站台门之间的直接原因是两者之间的有害空间过大,足以使乘客站立其中。因此,可从根源角度出发,将此有害空间消除至足够小,使乘客无法进入此空间,以完全杜绝此类风险隐患。

根据 GB 10000—1988《中国成年人人体尺寸》,成年男性胸厚统计最小值(百分位数 1)为 170 mm,成年女性胸厚统计最小值(百分位数 1)为 155 mm,再考虑未成年人和部分极端瘦小人员体型,判断当

空间间隙小于 130 mm 时,人体不存在滞留其中的可能。因此,本技术方案的设计目标即为通过填充物将有害空间减小到 130 mm 以内(见图 2)。填充装置的设计应符合以下要求:①采用轻便材质。增加填充装置后,滑动门门体质量增加,因此需同步考虑站台门门机、承重结构等部件设计,以避免因门体质量增加而影响滑动门开关。②通透性好,不影响美观。③安装简便。④安装填充装置的滑动门门体不侵限。

该方案已应用于上海轨道交通 14 号线、15 号

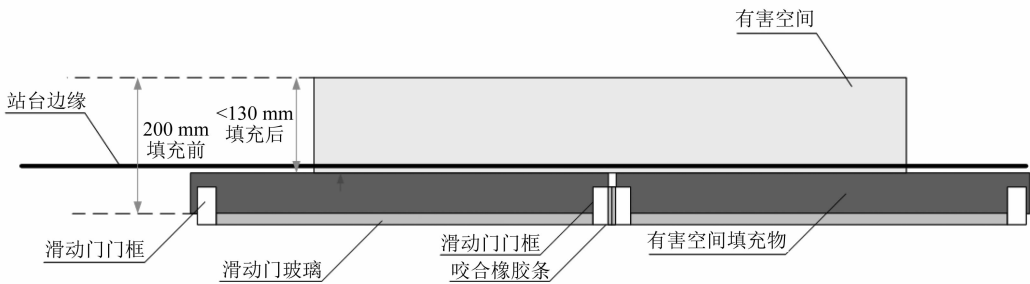


图 2 滑动门门体安装填充装置后站台门与列车车门间隙有害空间示意图

线和 18 号线新建线路,以及 2 号线的安全门改造项目中,上述线路的直线车站不再设置间隙探测装置。由于设计方案完全采用机械机构,无任何电气元件,因此可有效降低间隙探测装置误报对 FAO 行车效率的影响,具有良好的应用前景。

2 应急门设置

2.1 应急门的用途

根据 GB 50157—2013《地铁设计规范》26.3.5 节的要求,“站台每侧应急门的数量宜为远期列车编组数。”另根据 GB/T 33668—2017《地铁安全疏散规范》8.1-c 节^[4]的要求,“应急门设置位置应满足安全疏散要求,宜对应每节车厢设置一樘应急门。”因此,目前大多城市轨道交通线路站台应急门设置方案为每节车厢设置一樘,也有部分非全自动线路应急门的设置数量少于列车编组数。

非全自动运行模式下,列车上有司机值守,当列车未在站台区域停准(所有客室门与滑动门均未

对准)且无法再动车而需要疏散乘客时,司机可以手动打开与应急门对准的客室门,再从轨道侧直接推开应急门(或由站台工作人员从站台侧使用专用钥匙解锁后打开),引导乘客疏散。但在 FAO 模式下,列车上没有司机或工作人员,此情况下若需要在轨道侧疏散乘客,只能通过 OCC(运营控制中心)人工播放客室广播引导乘客自行寻找可与应急门对准的客室门,并由乘客自行拉下紧急拉手并推开应急门下车疏散。这存在极大的不确定性和误操作隐患,容易引起更大范围的恐慌甚至是次生灾害。因此在此情况下,需要行车人员在站台侧使用专用钥匙解锁后拉开应急门,再解锁客室门后登车,视动车条件进行相应处置(人工驾驶调整列车位置、越行至下一站、本站疏散等)。但实际上并非所有客室门均可从站台侧解锁打开,车辆在设计时一般考虑每节车厢每侧设置一处机械解锁装置,并在首末节车厢靠近车头(车尾)操作台位置设置一处电解锁装置(如图 3 所示)。

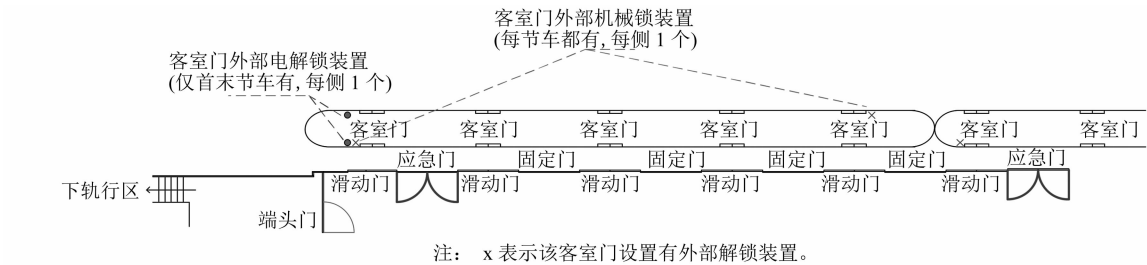


图 3 列车与站台门位置对比示意图(完全停准)

2.2 列车未完全对位停准时外部工作人员登车方案

图 3 为列车完全对位停准的情况。当列车未完全对位停准时,在部分极端情况下存在所有滑动门、应急门都与客室门(可外部解锁)均无法对准的情况,工作人员无法在站台公共区登车处置,应对

此种情况的解决方案如下:

1) 方案一:将首末节车厢对应的固定门均设置为应急门(见图 4)。无论列车停靠在何位置,只要未整体冲出站台或欠停站台,在首末节车厢对应的站台公共区总有一处应急门或滑动门可与客室门(带外部解锁装置)对准,供工作人员登车使用。

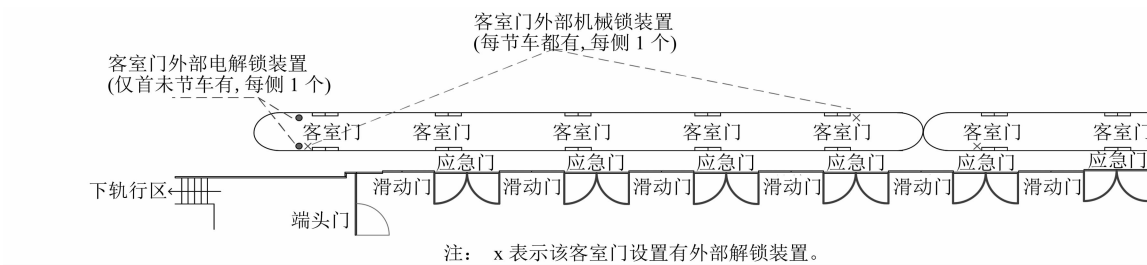


图 4 首末节车厢对应的固定门均设置为应急门示意图

以 6 节编组列车、每节车厢 5 道车门为例,一侧站台需要增加 8 道应急门,共设置 14 道应急门。此时,首末节车厢对应的站台区域站台门均可完全打

开。但是,应急门数量的增加也会使站台门系统的潜在故障点相应增加。因为在正常情况下不会使用应急门,锁体可能因维保不规范、受活塞风影响

等原因出现限位装置松动,导致安全回路断开,进而影响行车效率。因此该方案对供应商产品的品质以及维保规范性提出了更高的要求。国外也有整侧站台固定门全部设置为应急门的应用案例。

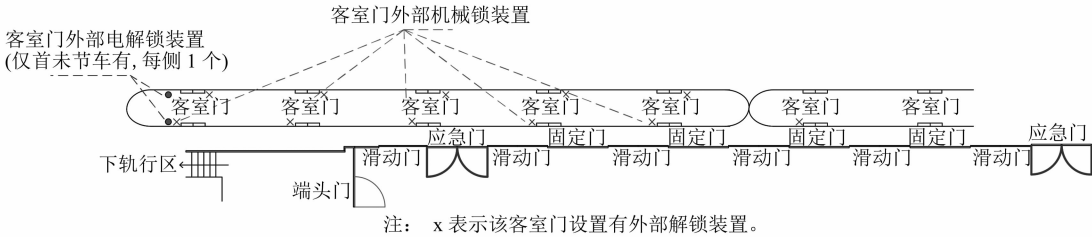


图5 首末节车厢客室门均设置外部解锁装置示意图

3)方案三:小站台登车。若出于系统可靠性和故障率考虑不增加应急门和客室门外解锁装置的数量,为解决工作人员登车的问题,也可考虑采用在端门外站台区域(简称“小站台”)登车。但小站台紧临轨行区,出于安全考虑应在此区域设置固定护栏或固定隔离网,并在合适的位置设置可活动式栏杆。具体设计时需要考虑以下因素:

(1) 梳理出各极端情况下端头门外列车外部解锁装置所在车门位置,再结合车站端头门外站台长度,进行端头门外可活动式栏杆的详细设计。

(2) 可活动式栏杆开度应至少保证工作人员可正常登车。由于不考虑乘客从此处下车疏散,门体开度可适当减小。

(3) 可活动式栏杆平时使用机械装置固定,只能向站台内侧打开,严禁向轨行区打开。

(4) 设计方案需要与既有固定护栏或隔离网工艺相适应。

4)方案四:下轨行区登车。若上述三种方案均不被建设方接收,在此类情况下,就只能选择开启下轨行区隔离门,从列车端头疏散门或带外部解锁装置的客室门登车。FAO模式下,开启下轨行区隔离门的管理流程较为复杂,需要激活人员防护开关(SPKS),再使用钥匙或门禁卡打开隔离门方可进入,且轨行区内照明条件较差,列车与站台间隙也较小,因此该方案具有一定的操作难度。

2.3 列车未完全对位停准时外部工作人员登车方案比较

列车未完全对位停准时外部工作人员登车方案比较如表2所示。

另外,站台门(含应急门与滑动门)与客室门(带外部解锁装置)无法对准造成外部工作人员无法登车

2) 方案二:首末节车厢的客室门均设置外部解锁装置(见图5)。所有客室门均可从外部解锁,但同样也存在使车辆系统潜在故障点相应增加的问题。

表2 列车未完全对位停准时外部工作人员登车方案比较

方案	优点	缺点
方案一	无论列车停在何种位置均可从站台区域登车	增加应急门数量,导致系统故障点增多
方案二	无论列车停在何种位置均可从站台区域登车	增加解锁装置数量,导致系统故障点增多
方案三	对列车、站台门可靠性没有影响	活动栏杆的设置位置、净开度需要精确计算,否则仍存在无法从小站台登车的可能;登车人员需要开启端门,增加处置时间
方案四	既有系统设计不需要进行任何调整	登车困难;FAO模式下轨行区隔离门管理流程复杂

的可能性并不高,据笔者初步估算,该概率约为20%。对于此类极端情况,是否需从系统设计角度或运营操作角度进行完善,仍需要业主方进行决策。

3 站台门远程开关门自检测试

3.1 功能需求

车站是城市轨道交通运营管理的基本单元,车站运营管理水平的高低直接决定了整个城市轨道交通网络的管理水平。在实施智慧车站前,运营人员在每天运营开始前需要至现场开启卷帘门、电梯、自动扶梯等各类机电设备系统等,整个操作需要耗费大量时间,一般需1~2h(视车站规模而定)。其中就包括PSL(站台操作盘)开关测试,确保首列车进站前站台门开关正常。

3.2 实现方案

智慧车站的“远程开站”功能,其设计目的是利用综合监控系统(ISCS)的集成平台,将原先需要就地操作的功能模块呈现在车控室综合监控系统工作界面上,缩短开站时间。远程开站一般包括以下流程:

1) 综合监控系统根据预设时间向车站工作人员弹框提示开站,工作人员确认后自动开启PIS(乘

客信息系统)显示屏、AFC(自动售检票)系统、照明、通风、空调设备等。

2) 车站工作人员通过 CCTV(视频监控)确认卷帘门、电梯/扶梯无安全隐患后,进行远程开启。

3) 车站工作人员通过 CCTV 确认站台门无安全隐患后,进行远程开关门测试。

4) 根据需要,车站工作人员可至现场巡视车站 AFC 系统、照明、通风、空调、电梯/扶梯、PIS 等设备是否正常。

由于站台门系统与综合监控系统已有数据接口,实现站台门的远程开关门测试,需在综合监控系统和站台门系统上增加以下功能:

1) 需在综合监控系统上增加向站台门系统下发“远程开关门测试”功能。

2) 需在站台门系统上增加接收综合监控系统“远程开关门测试”命令的功能,并根据命令执行开关门动作,将动作过程中的异常状态反馈给综合监控系统。

远程开关门测试指令数据传输路径如 6 所示。

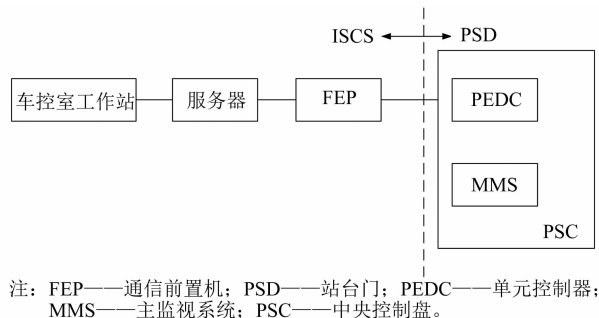


图 6 远程开关门测试指令数据传输路径示意图

由于各站台门供应商设计理念存在差异,与综合监控系统的接口设备可能是 PEDC,也可能是 MMS。其中, PEDC 直接参与门体控制, MMS 仅起到监视作用,不参与门体控制。

实现远程开关门测试时应考虑以下因素:

1) 站台门系统在常规设计中按系统级、站台级和就地级三级控制优先级考虑。其中,系统级由信号系统控制站台门的动作,是正常情况下站台门系统的工作模式。对于远程开关门测试功能,需要从信号系统中获得控制优先级,否则无法响应综合监控系统的控制指令。

2) 对于 FAO 系统而言,站台门是属于与行车相关的核心设备,具有 SIL2 安全认证要求。若采用 MMS 与综合监控系统接口方式,为实现远程开关

门测试功能, MMS 需要通过 SIL2 认证,为此需要配置安全策略,或采用安全类硬件设备等措施。而且此要求对综合监控系统同样适用。

3) 为避免运营时段综合监控系统向站台门系统误发开关门命令,在综合监控系统和站台门系统上都应设置命令有效的时间窗,在时间窗外此命令无效,车控室工作站上也不应显示此功能的操作界面。此外,在时间窗结束前,综合监控系统还应向站台门系统下发自检结束命令,使站台门系统可以恢复至信号系统级控制模式。

4) 执行开关门测试时,维保施工人员、保洁人员、站务人员等各类人员可能倚靠站台门,将由于开门而导致跌落轨道,造成严重事故,因此在执行测试前必须通过 CCTV 确保站台没有人员,并预先通过广播播放相关安全须知。

通过综合监控系统对站台门进行远程开关门测试需要解决上述问题,若业主方不考虑此方案,也可通过现场操作 PSL 进行开关门测试,但在综合监控系统操作界面上应显示相应信息,提示工作人员至现场进行操作,保持整个开站流程的完整性。

4 结语

FAO 模式无论是对于系统建设还是运营管理,都提出了不同于以往的全新要求,站台门系统作为核心系统,应满足运营需求。本文所述的站台门与车门间隙有害空间消除装置,试图从问题根源上消除安全隐患;应急门的设置方案是考虑“当列车未在站台区域停准且无法再动车,需要工作人员登车处置”运营需求的解决方案;远程开关门自检测试是为配合实现智慧地铁的远程开站,提出了技术实现时需考虑的重点。

参考文献

- [1] 交控科技股份有限公司.城市轨道交通全自动运行系统建设指南[R].北京:北京市轨道交通建设管理有限公司,2017.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.地铁设计规范:GB 50157—2013[S].北京:中国工业出版社,2013: 30.
- [3] 国家技术监督局.中国成年人人体尺寸:GB 10000—1988[S].北京:中国标准出版社,1989: 10-11.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.地铁安全疏散规范:GB/T 33668—2017[S].北京:中国标准出版社,2017: 11.

(收稿日期:2020-07-03)