

城市轨道交通全自动运行模式下站台门相关问题探究

唐虎

(武汉地铁运营有限公司 湖北 武汉 430000)

摘要：全自动运行系统是基于控制、通信、系统集成以及现代计算机等技术实现的列车全自动交通系统，有着高效、安全、经济、节能以及服务水平高的优点。当前研究的全自动运行站台门系统主要集中在车门和站台门间隙探测装置以及对位隔离方面，本文则针对减少车门和站台门应急门设置数量，间隙和远程开 / 关门测试进行探究。

关键词：站台门；车门；有害空间；全自动运行；应急门；对位停准

0 引言

轨道交通站台门系统的全自动运行模式对安全性与可靠性的要求非常高。对于站台门和车门之间的间隙，可通过在滑动门门体上安装填充装置解决。对于应急门来说，列车在站台没有对位停准且没有办法再动车时，可由工作人员处置。测试站台门的远程开 / 关门技术时需重点考虑。

1 消除站台和车门间隙

1.1 风险分析

关闭后的车门和站台门之间有间隙存在，这时如果有人滞留在间隙位置，并且站务人员与列车司机没有及时发现，就可能造成人员伤亡的情况。

根据 GB 50157-2013《地铁设计规范》（以下简称《规范》）的要求，在设置站台门的时候，其滑动门体到车辆轮廓线间的距离，采用塞拉门时为 130^{+15}_{-5} mm，采用外挂门或内藏门时为 100^{+15}_{-5} mm。《规范》中规定的滑动门体是门框最外沿处，通常门框有 60mm 的厚度，乘客在站台门和车门之间滞留的时候，会因为挤压而到滑动门的玻璃处。

通过上述分析，车体和滑动门玻璃之间的距离最少为 160mm 或 190mm。因为内藏门车门内凹，所以车门和车体的距离为 90mm 或 80mm，这时车门和滑动门之间最少要有 240mm 的距离。另外，对于站台门的变形量在实际安装的时候都要考虑。所以，在完成安装之后，站台门体与轨道外侧有 10mm 左右的距离。因此，不论是哪种形式的车体，车门和站台门玻璃至少应有 200mm 的距离。这个间隙能够让一个成年人站立其中。

1.2 风险预防手段

通过在车门和站台门间设置防夹挡板、瞭望光带、

防站立装置以及间隙探测装置等设施非常利于风险防控。但是，在实际使用中这些装置还存在一些问题(表 1)。

表 1 风险防控措施问题分析

序号	预防措施	问题
1	瞭望光带	对全自动运行线路不适用，因需要司机下车瞭望，在曲线站台有着比较大的盲区存在，适用范围有限，而在高架台因天气、人流、光源等因素干扰，探测效果会受到影响
2	防夹挡板与防站立装置	在车门没有关闭、站台门关闭时，乘客挤出车门时防夹挡板不起作用；防夹挡板和探测装置安装高度有冲突，使得防夹挡板防护作用有限
3	间隙探测装置（激光、红外）	因为有安全回路接入，如果探测装置的误报率与故障率比较高，将对全自动运行的效率造成影响；红外、激光信号等会因为站台振动发生波动，从而出现误报

1.3 消除有害空间装置

乘客在站台门和车门间滞留的原因是因为这两者间的有害空间较大，使得乘客能够在其中站立。所以，需要消除有害空间，杜绝这种风险。

根据 GB/T 10000-1988《中国成年人人体尺寸》，成年男性与成年女性的最小胸厚分别为 170mm 与 155mm，再考虑部分瘦小以及未成年人体型，判断间隙小于 130mm 时，在有害空间中不存在乘客滞留的情况。所以，本文主要的目的就是把有害空间间隙通过填充物减小到 130mm 以下。填充设计需要符合下面几点：

- (1) 安装方便；
- (2) 对美观不造成影响，有着良好的通透性；
- (3) 安装填充的滑动门体不侵限。

这种方案已经在我国某个城市的轨道交通安全门改造中应用。因为没有电气元件，采用的都是机械机构，

能够降低由于探测误报而对全自动系统运行效率造成的影响,应用前景非常看好。

2 应急门设置

2.1 应急门的用途

根据《规范》的要求,列车编组数和应急门的数量是一致的。另基于 GB/T 33668-2017《地铁安全疏散规范》满足安全疏散的要求,需对应急门的位置进行设置。当前我国很多城市应急门设置为每节车厢 1 个,也有一些低于列车编组数。

有司机值守的非全自动运行列车,没有在站台停准且无法再动车却还要对乘客进行疏散时,需要手动打开与应急门对准的客室门,再从轨道侧直接把应急门推开,从而对乘客进行疏散。但是,在全自动运行模式中,因为没有司机值守,这种情况下对乘客进行疏散,只能由控制中心通过广播来对乘客进行引导,使其找到与应急门对准的客室门,并由乘客把应急门推开完成疏散。在这个过程中,存在着不确定性和误操作隐患,使得次生灾害以及恐慌很容易发生。所以,在这种情况下,应急门应该由工作人员通过钥匙来打开,再对客室门进行解锁后登车,根据动车情况进行处置。

但在实际运行中,并不是所有客室门都可以在站台侧解锁开启,在设计车辆的时候,在每节车厢通常都会设计机械解锁装置,并且在首节车厢靠近车头与末节车厢靠近车尾操作台的位置,设置 1 个电解锁装置。

2.2 外部工作人员在列车没有对位停准时的登车措施

当列车没有对位停准时,在一些极端情况中,所有应急门和滑动门都可能存在无法对准客室门的情况,在站台公共区的工作人员没有办法登车进行处置,对于这种情况有以下几点解决措施。

2.2.1 将与首/末两节车厢对应的固定门都设置成应急门

不管列车在哪个位置停靠,只要没有冲出站台,这两节车厢所对应的站台区应急门总是能够与客室门对准,以供工作人员使用。

以 6 节编组 5 道车门的列车为例,在一侧站台应急门需要增加 8 道,双侧应急门一共设置 14 道。列车停靠时,可以打开与首/末两节车厢对应的站台门。但应急门的增加,使得站台门系统的潜在故障点也相应增加。正常情况下,应急门不会使用,锁体可能会受活塞风、维保不规范等因素影响导致限位装置松动,从而使安全回路断开,导致行车效率受到影响。所以,这种方案对供应商产品品质以及维保的规范性有着更高的要求。这种整侧固定门都设置成应急门的方案在国外也有

应用。

2.2.2 首/末两节车厢客室门均设置外部解锁装置

在外部都可以对客室门进行解锁,但也会增加车辆系统潜在故障点。

2.2.3 小站台登车

如果充分考虑系统的故障率以及可靠性,不增加解锁装置的数量,为了解决工作人员登车的问题,也可以考虑小站台登车。但是,小站台和轨行区相邻,需要在这个区域安装固定隔离网与固定护栏,以此保证安全性,并且护栏要在合适的地点设置。在设计时需要考虑以下因素。

(1) 梳理出列车外部解锁装置在极端情况下的车门位置所在,再结合站台长度,对活动栏杆进行详细设计。

(2) 保证活动栏开度能够让工作人员正常登车。由于此处不考虑乘客下车,所以可以适当减少门体的开度。

(3) 活动栏杆采取机械固定,打开时只能朝向站台内侧,而不能向着轨行区。

(4) 设计方案要适应现有的隔离网或固定护栏工艺。

2.2.4 下轨行区登车

如果建设方对上面三种方案都不接受,这种情况下,只能开启下轨行区隔离门,从列车车头疏散门或客室门登车。全自动运行模式下,开启下轨行区隔离门的流程比较复杂,需要激活人员防护开/关,再使用门禁卡进入隔离门。同时,由于轨行区站台和列车间隙较小,照明也比较差,所以这种方案操作难度较大。

2.3 没有对位停准时的登车方案对比

没有对位停准时的人员登车方案优/缺点对比如表 2 所示。

另外,根据相关估算,站台门和客室门没有对准而使得工作人员不能登车的概率只有 20%。对于这种极端的情况,是否需要完善运行操作与系统设计,还需要业主方来决定。

3 对站台门远程开/关门测试进行自检

3.1 功能需求

城市轨道交通管理的基本单元是车站,整个城市轨道交通管理水平与车站管理水平息息相关。在开始实施智慧车站前,运营人员需要每天到现场开启自动扶梯、电梯、卷帘门等设备,这个过程需要耗费很长时间。其中就有测试站台门操作盘开关,以保证首列列车进站前的站台门能够正常开关。

3.2 方案实现

设计智慧车站的远程开/关功能就是利用综合监控

表 2 列车没有对位停准时的登车方案对比

方案	优点	缺点
一	列车无论停在哪个位置，都能够从站台区登车	应急门数量的增加，使得系统故障点相应增多
二	列车无论停在哪个位置，都能够从站台区登车	解锁门数量的增加，使得系统故障点相应增多
三	不会影响到站台门以及列车的可靠性	需要精确计算活动栏设置的净开度以及位置，否则可能在小站台无法登车，登车人员开启端门从而增加处置时间
四	保持现有系统设计，不做调整	登车困难，全自动运行模式管理下轨行区隔离门较为复杂

系统，把需要就地完成的操作集中呈现到综合监控系统中，从而缩短开站时间。通常远程开站的流程如下。

(1) 综合监控系统通过预设时间提醒工作人员开站，由工作人员确认之后，自动开启照明、空调、通风、自动售检票系统以及乘客信息系统显示屏等。

(2) 车站工作人员通过视频监控确认电梯、扶梯以及卷帘门没有安全隐患之后，远程实施开启。

(4) 根据需要，工作人员可以到现场对自动售检票系统、电梯、扶梯、通风、照明、卷帘门以及乘客信息系统等设备是否正常进行巡视。

因为站台门和综合监控系统已有数据接口，所以远程站台门开 / 关门测试需要在站台门和综合监控系统中增加以下功能。

① 增加综合监控系统对站台门下发远程开 / 关门测试功能。

② 在站台门系统增加接受监控系统远程开 / 关门测试命令功能，以此执行开 / 关门命令，并将此过程中的异常向综合监控系统反馈。

因为各供应商对站台门的设计不同，所以监控系统接口也不一样。其中，MMS 只有监视作用，PEDC 能够对门体直接控制。

对于远程开 / 关门测试的实现需要对下面几点加以考虑。

(1) 在常规的站台门系统设计中，根据就地级、系统级以及站台级进行优先级考虑。其中，由信号系统控制站台门的动作，是系统级的正常工作模式。对于远程开 / 关门的测试，需要信号系统获得控制优先级，否则无法响应系统下发的指令。

(2) 对于全自动运行系统而言，站台门是核心设备，需要 SIL2 安全认证，如果接口方式采取的是 MMS，为了实现远程开 / 关门，需要安全类硬件与策略满足 SIL2

与 MMS 要求。

(3) 为了避免站台门系统在运营时段接收监控系统的误发指令，需要设置有效的命令时间窗在两个系统中，在时间窗之外的命令视为无效。另外，在结束时间窗之前，对于站台门的自检结束命令还需要有监控系统的指令下发，才能恢复系统级模式。

(4) 在对开 / 关门进行测试时，相关的工作人员可能能在站台门上倚靠，从而发生开门跌落轨道的事故。所以，在测试前需要通过视频监控确认站台没有人，并通过通信系统播放安全须知。

4 结语

全自动运行模式不管是运营管理还是系统建设，都有与之前不同的要求提出。作为核心系统的站台门系统，应该满足运营需求。本文论述的消除车门和站台门之间的装置，能够消除安全隐患。设置的应急门方案，是在列车没有对位停准并且无法再动车时需要登车处置的解决措施。而提出的远程开 / 关门测试，是根据智慧地铁远程开站的实现而需要重点考虑的技术。

参考文献：

[1]Huang K,Liao F,Gao Z.An integrated model of energy-efficient timetabling of the urban rail transit system with multiple interconnected lines[J].Transportation Research Part C Emerging Technologies,2021,129(1):103171.

[2] 许彦强，何孝强，赵小文. 基于 CiteSpace 可视分析的我国跨座式单轨技术发展研究 [J]. 现代城市轨道交通 ,2021(12):72-78.

[3] 董洪卫，赵博伦. 全自动运行系统站台门间隙探测与信号系统接口探究 [J]. 铁路通信信号工程技术 ,2021,18(09):69-72.

[4] 周天龙，李大伟，王飞，等. 基于多传感融合的地铁站台门与列车门间隙防夹探测系统研究 [J]. 现代城市轨道交通 ,2021(03):35-42.

[5] 汪琴，刘秋新. 全自动驾驶模式下站台门智能安全监控系统研究 [J]. 工业安全与环保 ,2020,46(02):59-62.

[6] 魏刚，张小虎，陈宁宁. 城市轨道交通站台门与车门间隙探测系统研究 [J]. 铁道通信信号 ,2020,56(09):85-88.

[7] 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,2020,29(11):44-48.

[8] 赵新赢,袁景,李福川,等.城市轨道交通站台门和列车门间隙安全探测系统的设计[J].工程建设与设计,2021(18):115-118.

[9] 吕文龙,韩臻,李金峰.城市轨道交通信号系统与站台门系统信息接口方式分析[J].铁路通信信号工程技术,2020,17(09):83-88.

[10] 刘磊,刘健.ATO 模式下车地联动时序分析

与站台门延时控制系统设计[J].铁路计算机应用,2020,29(11):36-39.

[11] 许琰.上海城市轨道交通全自动运行系统列车蠕动驾驶模式接口控制电路优化方案[J].城市轨道交通研究,2021,24(11):128-130.

[12] 刘栋.城市轨道交通全自动运行模式下的乘客服务系统关键技术[J].铁路计算机应用,2020,29(11):27-29.

征 稿 启 事

《中国机械》(Machine China)杂志,1982年创刊于北京,由中国工业经济联合会主管,中国工业报社主办,是经国家新闻出版总署批准登记的机械工业类学术期刊(旬刊),系万方数据全文收录期刊。国内统一刊号:CN11-5417/TH;国际标准刊号:ISSN 1003-0085;邮发代号:28-165。

《中国机械》杂志定位于成为机械工业领域产学研用协同创新平台,顺应大机械学科发展趋势,主要刊发机械工程领域及其交叉学科具有创新性的应用研究,进而推动机械工程技术进步的优秀科研成果,兼顾基础研究领域对科技创新有前瞻性和重大影响的基础理论研究,引领机械工程学科发展。杂志主要服务机械工业主管部门、行业组织、科研院所、制造企业,以及各相关企事业单位等,以管理者、中高层技术人员、经理人为主。

◆ 栏目设置 ◆

本刊特稿:发表有较高价值的应用研究论文,理论上有深度或前瞻性的研究论文,以及技术创新、政策解读和市场调研等方面的热点焦点综述文章。

机械制造与智能化:发表机械制造技术、工艺、智能及自动化等科技论文。

工业设计:发表机械设计、产品设计、造型设计、环境设计、建筑设计、传播设计和设计管理等科技论文。

工业互联网:工业系统与高级计算、分析、感应技术以及互联网连接融合、软件和大数据分析,数字设计等科技论文。

先进材料技术:发表高性能结构材料、功能材料、关键原材料与先进制造业结合相关科技论文。

先进动力与能源技术:先进及新型动力系统相关技术研究论文。

现代交通技术:立足综合交通运输技术,主要刊发道路工程机械、桥隧工程机械、交通工程机械、港航工程机械、轨道交通装备等领域的科研文章。

可持续环境工程:发表环保机械、环保工程相关科技论文。

机械工业:发表农业机械、工程机械、内燃机、仪器仪表、石油化学通用机械、机床工具、汽车、重型矿山机械、文化办公设备、电工电器、食品包装机械、其他民用机械,以及增材制造等行业领域的科技应用论文。

市场与管理:发表机械工业相关的市场分析、管理提升等学术论文。

质量与标准:发表机械工业相关企事业单位的质量管理、体系建设及相关产品标准、故障诊断等科技论文。

安全与生产:发表机械设备制造、施工及使用过程中安全与生产等科技论文。

职业教育:发表机械行业相关院校职业教育、学生就业、创业等相关文章。

首台套:发布首台套重大工业技术装备有关技术突破、功能创新、用户反馈等相关文章。

◆ 征稿要求 ◆

1、本着尊重原创、严禁抄袭的原则。

2、文章格式采用 GB7713-87,科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式。

3、稿件的结构组成,按次序排列为:题名、作者署名、作者工作单位名称、第一作者工作单位所在省、市及邮编;摘要、关键词;引言、正文、结语;基金项目(可选)、参考文献(必选)及作者简介(可选)。

(1) **题名:**符合学术期刊论文标题要求,简单明了概括文章主题,一般不超过 15 个字。

(2) **作者署名及工作单位:**所有文章须 2 版起发,2 版论文的作者数量不应超过 3 位;4 位作者的论文起发版面数为 3 版;5 位作者的论文起发版面数为 4 版,依此类推。多位作者分属不同工作单位的,须明确标记。

(3) **摘要:**摘要应具有独立性和自含性,即不阅读论文的全文,就能获得必要的信息。摘要一般应说明研究工作的目的、实验方法、结果和结论等,重点是结果和结论。以 200 ~ 300 字为宜,用第三人称写,尽量不重复题名中已有信息。不出现插图、表格、公式及参考文献序号等。

(4) **关键词:**每篇论文选取 3 ~ 6 个单词或术语作为关键词。

(5) **正文:**撰写论文时,不同级别标题可采用阿拉伯数字 1, 1.1,1.2,1.3.....2, 2.1,2.2,2.3..... 标示。结语部分不能重复正文内容,如果层次分明,可以编号(1)、(2)等分条来撰写。

(6) **参考文献:**参考文献须按照 GB-T7714 - 2005 标准编写。所引用的文献及对应的刊物需具有较高的学术质量。作者一律姓前名后(外文作者名应缩写),多位作者间用“, ”间隔。凡参考过本刊论文的,请切记标注在参考文献中。

(7) **作者简介:**须按照统一格式编写:姓名(出生年.月-),性别,民族,籍贯,最高学历,职称,研究方向:具体专业(不超过 10 个字为宜)。

注:

1、作者所投论文是否满足要求,以《中国机械》编辑部审核意见为准,编辑部拥有稿件的惟一最终审核权。

2、文章一旦被录用,除特殊原因不允许无故撤稿。同时,不允许再行增减作者或变更原作者顺序,否则一律视为作者主动撤稿,该稿将不再录用。

3、作者在收到稿件录用通知后,如主动撤稿并易名再投,一经发现,将被纳入本刊敏感作者名单,相关稿件均不再录用。

4、对于未通过本刊初审,二次投稿依然不能通过审核的稿件,一律做退稿处理,不再录用。

5、针对每一篇论文,编辑部将免费赠送一本发表该论文的期刊,如需更多请联系编辑部预定。

◆ 权利和责任约定 ◆

1. 作者在投稿时视同同意向《中国机械》编辑部授予论文著作权专有许可使用和独家代理授权书,包括授权以电子出版物形式出版发布。

2. 编辑部收到稿件后,将按照工作流程对稿件进行处理。

3. 稿件需经本刊编辑和审稿专家审核,一经录用则依照编辑部出版流程依序刊登出版。如果作者想撤稿或改投其他刊物,需向本刊提出申请,已定稿、进入了出版流程的稿件,作者需承担相应的责任和费用。

4. 本刊只接收作者原创、未公开发表的论文,对存在抄袭剽窃、一稿多投等学术不端现象的论文,编辑部将严肃处理。