

# 地铁区间列车乘客疏散方式探讨

陈小伟 张琳

(中车南京浦镇车辆有限公司技术中心,210031,南京//第一作者,高级工程师)

**摘要** 根据相关标准介绍了地铁列车乘客疏散方式要求,对比了端部及侧式疏散方式的疏散效率。讨论了端部疏散方式存在的风险,并分析了端部疏散模式对地铁列车综合性能的影响。最后,提出了对地铁列车疏散方案的建议。

**关键词** 地铁列车;乘客疏散;端部疏散;侧式疏散;疏散门

**中图分类号** U298.6:U231

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2022.09.010

## Discussion on Metro Interval Train Passenger Evacuation Mode

CHEN Xiaowei, ZHANG Lin

**Abstract** The requirements of metro train passenger evacuation mode are introduced in accordance with relevant standards. The evacuation efficiency of end and side evacuation modes are compared, and the risks of end mode is discussed. The influence of end evacuation mode on metro train comprehensive performance is analyzed. Suggestions for the metro train evacuation scheme are proposed.

**Key words** metro train; passenger evacuation; end evacuation; side evacuation; evacuation door

**Author's address** Technical Center of CRRC Nanjing Puzhen Co., Ltd., 210031, Nanjing, China

当地铁列车在隧道内或高架桥上发生故障或因事故不能行驶至站台时,需要在隧道内或高架桥上疏散乘客。疏散方式分为侧式疏散和端部疏散。侧式疏散采用客室侧门和线路侧式疏散平台进行疏散;端部疏散采用专用端部疏散门和道床进行疏散。

## 1 相关标准要求及国内现状

GB 50157—2013《地铁设计规范》4.7.1 节规定:当利用轨道中心道床面作为应急疏散通道时,列车端部车辆应设置专用端门或配置下车设备,且组成列车的各车辆之间应贯通。《地铁设计规范》5.4.5 节规定:当采用车辆侧门疏散方式时,双线高架区间宜在两线间设置疏散平台。

GB 50490—2009《城市轨道交通技术规范》5.4.8 节第 2 条规定:地下运行的编组列车,各车辆之间应贯通;当不设置侧式疏散平台时,列车两端应有应急疏散条件和相应设施。

GB/T 33668—017《地铁安全疏散规范》6.1 节规定:区间安全疏散可采用应急疏散平台和道床疏散两种方式。6.4 节规定:采用道床作为区间疏散通道时,列车端部车辆应设置专用前端门作为乘客紧急疏散门,并配置下车设施,组成列车的各车辆之间应贯通。6.5 节规定:采用应急疏散平台作为区间疏散通道,列车的侧门应开启作为乘客紧急疏散门,组成列车的各车辆之间宜贯通。

建标 104—2008《城市轨道交通工程项目建设标准》第 35 条规定:列车端部车辆应设置专用前端门或指定侧门作为乘客紧急疏散门,并应配置下车设备。

以上标准对地铁区间疏散方式未进行强制要求,侧式疏散或端部疏散均在可接受范围内。

GB 51298—2018《地铁设计防火标准》5.4.6 节规定:需行驶于地下区间列车的车头和车尾节应设置疏散门。因此,部分地铁用户认为需行驶于地下区间的列车必须采用端部疏散方式。但根据中华人民共和国住房和城乡建设部 2018 年第 89 号公告及《地铁设计防火标准》前言部分描述,该要求在标准中为非黑体字标志,因此是非强制条款。同时,《地铁设计防火标准》5.4.3 节规定:载客运营地下区间内应设置侧式疏散平台。该要求以黑体字标志,因此为强制性条款。由此可见,标准更肯定了侧式疏散方案的重要性。

笔者统计了 2009—2018 年期间完成列车技术规格书签署的 270 个地铁项目逃生方式,其中采用端部疏散方式的项目共有 65 个,占比为 24%。2009—2018 年各年度地铁项目疏散方式统计及各年度端部疏散项目占比如图 1 所示。从图 1 中可以看出,最近 10 年采用端部疏散方式的项目整体

呈下降趋势。

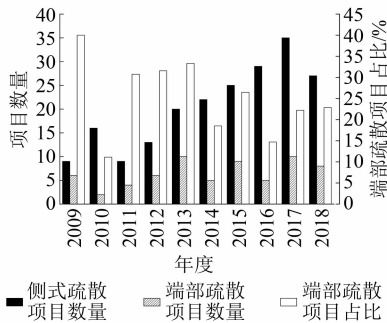


图1 2009—2018年国内地铁项目疏散方案统计图  
Fig. 1 Statistics of domestic metro project evacuation scheme in 2009–2018

## 2 端部疏散和侧式疏散方式的疏散效率对比

采用端部疏散方式时,客室内的所有乘客都要通过司机室后隔门进入司机室,再通过列车端部的紧急疏散门离开列车。该疏散方式存在通道单一、路径长、通道不通畅等问题。采用侧式疏散方式时,理论上所有客室门均可作为逃生通道,但在实际疏散时,为了能够有效地组织客流形成统一的流动方向,以达到快速疏散的目的,往往只有部分客室门作为疏散门,但即使这样其通道数量也远高于端部疏散方式,且疏散路径更短、道路更通畅。

根据文献研究中的计算结果<sup>[1]</sup>,某B型地铁列车采用端部疏散和侧式疏散方式的疏散用时如表1所示。需要注意的是,该疏散时间为乘客疏散至车外的时间,未计及疏散通道打开及隧道内的疏散时间。该计算结果与其他文献中的相关试验结果非常接近<sup>[2]</sup>。

表1 某地铁列车乘客疏散时间计算结果  
Tab. 1 Calculation result of passenger evacuation time of certain metro train

载客工况	端部疏散用时/s	侧式疏散用时/s
AW1	298	11
AW2	1 722	62
AW3	2 434	87

注:AW1工况为座位载客量,即列车内座位坐满乘客时可以装载的乘客数量;AW2工况为额定载客量,在AW1基础上,站立面积内平均载客6人/m<sup>2</sup>;AW3工况为超员载客量,在AW1工况基础上,站立面积内平均载客9人/m<sup>2</sup>。

实际采用侧式疏散方式时,需与侧式疏散平台进行配合,且该疏散方式的瓶颈主要集中在侧式疏散平台。文献[3]以非高峰时段载客量为456人的6辆编组B型地铁列车为例,经过计算认为,当侧式疏散平台和车辆端部疏散门宽度同为600 mm时,

端部疏散耗时13 min 52 s。侧式疏散耗时7 min 40 s。由此可见,侧式疏散平台方式可以“较为有序”地疏散乘客。

2011年9月27日14:37,上海轨道交通10号线在豫园站—老西门站下行区间发生追尾事故,至15:50,约800名乘客完成疏散。该项目无侧式疏散平台,疏散方式为端部疏散,从事故发生到完全疏散共用时1 h 13 min,其中从事故发生至端部疏散门打开耗时20 min<sup>[4-5]</sup>。

2012年11月19日19:19,广州地铁8号线一列开往万胜围方向的列车在鹭江站至客村站区间由于受电弓瞬时接地短路发生车厢冒烟,乘客解锁车门后从车门进入隧道进行疏散,至20:05,约1 000名乘客疏散完毕,从事故发生到完全疏散共用时46 min<sup>[6]</sup>。

两次事故的疏散相关数据如表2所示,其中总疏散用时为从事故发生至所有人员撤离隧道的时间。

表2 两次地铁事故疏散数据  
Tab. 2 Evacuation data of two metro accidents

线路名称	疏散方式	疏散人数/人	总疏散用时/s	人均耗时/(s/人)
上海轨道交通10号线	端部疏散	约800	4 380	5.5
广州地铁8号线	侧式疏散	约1 000	2 760	2.9

由理论计算结果和实际案例的数据可见,端部疏散用时远高于侧式疏散用时。由理论计算结果可知,在AW3工况下,B型列车端部疏散用时接近常规列车蓄电池的极限供电时间45 min。考虑到实际疏散中的疏散通道打开时间及疏散的无序性,端部疏散实际疏散时间将超过45 min,A型车的疏散耗时将更长。综上所述,端部疏散方式疏散效率相对较低,不适用于大载客量情况下的紧急疏散。

## 3 两种疏散方式的实用性分析

目前,国内地铁值乘方式多采用单司机制,当采用端部疏散方案时,若在列车中部或靠近前端的位置发生火灾或恐怖事件等紧急情况,后端乘客逃生将非常困难,甚至可能会错失有限的逃生机会,如GB 51298—2018《地铁设计防火标准》5.4.3节所述。

侧式疏散方式需设置应急疏散平台,从列车到平台仅需跨过一级台阶。而端部疏散时,需要经过一个长度约为3.0 m、宽度约为0.5 m、坡度约为40%的坡道或疏散梯从列车直达道床<sup>[7]</sup>,该坡道或逃生梯不利于老弱病残孕等乘客的顺利疏散。此

外,端部逃生方案具备了踩踏事故发生因素中的斜坡陡桥、狭窄通道、无缓冲区域、出入口数量少等重要扰动因素,在疏散时存在极高的踩踏风险。

在有人驾驶且未设置司机室与客室隔门紧急解锁装置的列车上,乘客无法自主进入司机室。当采用端部疏散方式时,若发生司机失去行为能力的极端工况,则乘客将失去唯一的逃生路径,不能进行自主逃生。而采用侧式疏散方式可以通过合理的逻辑控制实现列车侧门紧急解锁功能,增强了疏散可靠性及紧急情况下的可用性,既可避免乘客随意解锁车门,又能解决司机失去行为能力后,乘客不能打开逃生通道的问题<sup>[8]</sup>。

此外,部分地铁项目采用三轨受流的供电模式,这些项目若采用端部疏散方式,在疏散时需先花费一定时间确保供电轨无电,然后才能进行下一步疏散,否则将可能发生重大的群死群伤事件。

4 疏散方案对列车性能的影响

采用侧式疏散方式时,使用客室门进行疏散,对列车本身的性能无影响。采用端部疏散方式时,列车司机室需要配置端部疏散门,端部疏散门一般位于列车最前端,一套端部疏散门质量可达 270 kg<sup>[7]</sup>,因此必然导致列车的轴重偏差增大,给车辆性能及使用寿命带来负面影响。特别是开放司机室的无人驾驶列车,其头车前端载客多于后端载客,将导致载客后的车辆轴重偏差进一步增大,甚至造成 1 轴轴重超限。同时,端部逃生门的存在会产生更多缝隙,而这些缝隙会对列车司机室的噪声及密封性能造成一定的负面影响。此外,端部疏散门也给列车的日常检修维护增加了一定的工作量和物料消耗。

某城市地铁 2 号线列车未配置端部逃生门和司机室空调,地铁 3 号线配置了端部逃生门和司机室单独空调,其他主要系统方案和整车头型基本一致。但两个项目列车头车的轴重偏差和司机室动态噪声均存在一定差异,如表 3 所示。

表 3 某两项目头车轴重偏差及司机室内噪声  
Tab.3 Axle load deviation of head vehicle and interior noises of driver's cabin from two particular projects

线路名称	头车最大轴重偏差/%	司机室噪声/dB		
		静态	80 km/h 匀速行驶	30 km/h 加速行驶
某地铁 2 号线	6.03	64.3	67.1	65.2
某地铁 3 号线	8.64	65.0	67.5	65.8

采用端部疏散方式的列车受端部疏散门的影响,司机台非居中布置。A 型车端部疏散门通常居中布置,驾驶台设置为左右两个。B 型车端部疏散门通常靠一侧布置,驾驶台为偏置式。设置端部疏散门将导致驾驶界面设备和按钮布置更加局促,给驾驶过程带来不便,同时司机视角偏离轨道中心,不利于驾驶过程中观察车外状况。以 B 型车为例,某城市不设置端部疏散门项目的列车司机室和设置端部疏散门项目的列车司机室对比照片如图 2 所示。同时,设置端部疏散门也会导致列车工业设计方案受到较多限制,以 B 型车为例,某城市不设置端部疏散门项目的列车外观和设置端部疏散门项目的列车外观对比照片如图 3 所示。



图 2 端部疏散门对司机室布局的影响对比照片  
Fig. 2 Comparison pictures of influence of end evacuation door on driver's cabin layout

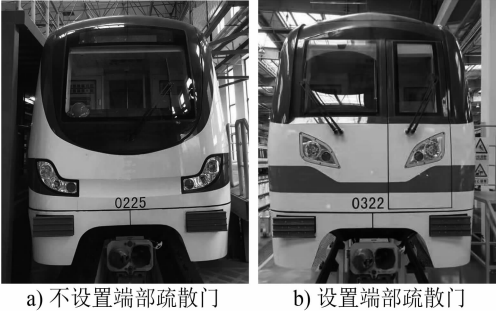


图 3 端部疏散门对列车外观的影响对比照片  
Fig. 3 Comparison pictures of influence of end evacuation door on train appearance

## 5 结语

目前,国内相关标准对地铁列车的疏散方式要求存在差异,有待升级统一。从最近 10 年的发展趋势来看,侧式疏散方式所占的比例越来越高,且侧式疏散方式在疏散效率、实用性和对列车性能的影响方面均优于端部疏散方式。因此,地铁项目在确定逃生方案时应首选侧式疏散方式,在侧式疏散方式可用时,可以不采用端部疏散方式。在基础设施不满足侧式疏散要求时,才采用端部疏散方式。

## 参考文献

- [1] 张琳,薛淑胜,冷映丽,等. 城轨列车中人员紧急疏散时间计算方法[C]//中国铁道学会. 第十七届中国科协年会第 7 分会场综合轨道交通体系学术沙龙论文集. 北京:中国铁道出版社,2015:54.  
ZHANG Lin, XUE Shusheng, LENG Yingli, et al. Calculation method of urban rail train personnel emergency evacuation time [C]//China Railway Society. Proceedings of Academic Session on Comprehensive Rail Transit System of the 17<sup>th</sup> Annual Meeting of China Association for Science and Technology. Beijing:China Railway Publishing House, 2015:54.
- [2] 李冬,苏燕辰,田鑫,等. B 型地铁列车火灾安全疏散性能研究[J]. 铁道科学与工程学报,2016(8):1613.  
LI Dong, SU Yanchen, TIAN Xin, et al. Research on the evacuation performance of B-type subway train in the condition of fire disaster[J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2016(8):1613.
- [3] 贺利工,史聪灵,钟茂华,等. 浅谈地铁地下区间侧向疏散平

台疏散[J]. 中国安全生产科学技术,2013(7):49.

HE Ligong, SHI Congling, ZHONG Maohua, et al. Analysis and discussion on passenger evacuation by lateral emergency evacuation platform in metro tunnel [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2013(7):49.

- [4] 肖方,吴学华. 地铁遭遇战——上海地铁 10 号线列车追尾事故抢险救援综述[J]. 新安全——东方消防,2011(10):8.  
XIAO Fang, WU Xuehua. Metro skirmish — Shanghai Metro Line 10 train rear-end collision emergency and rescue discussion [J]. New Safety — Orient Fire Protection, 2011(10):8.
- [5] 朱志祥,倪浩. 浅谈地铁应急救援通道建设——上海地铁事故启示[J]. 中国应急救援,2011(6):27.  
ZHU Zhixiang, NI Hao. Discussion on metro emergency rescue passage construction — Shanghai Metro accident enlightenment [J]. China Emergency Rescue, 2011(6):27.
- [6] 梁恽韬,邓奕茂,黄宙辉,等. 广州地铁 8 号线一列车昨晚突发故障停车[N]. 羊城晚报,2012-11-20(A4).  
LIANG Yitao, DENG Yimao, HUANG Zhouhui, et al. A Guangzhou Metro Line 8 train had sudden failure and pulled over last night [N]. Yangcheng Evening News, 2012-11-20(A4).
- [7] 范旭. 地铁逃生门系统设计与分析[D]. 成都:西南交通大学,2018.  
FAN Xu. Design and analysis of metro escape door system[D]. Chengdu:Southwest Jiaotong University, 2018.
- [8] 张文文,张潜. 地铁车辆紧急解锁控制方案优化分析[J]. 机电传动,2019(3):129.  
ZHANG Wenwen, ZHANG Qian. Optimization analysis of emergency unlocking control scheme for metro vehicles [J]. Electric Drive for Locomotives, 2019(3):129.

(收稿日期:2021-02-04)

(上接第 48 页)

方案和未来的研究方向。实际上,这些设计要点也是近年来城轨车辆 TCMS 的研究热点,如以太网列车网络、车地无线系统及大数据、全自动无人驾驶等,而更优化的电池管理、更美化的人机交互则是其相对独特的设计需求。总之,新技术和新设计在新能源全景单轨列车上的成功应用得益于我国城轨车辆研发水平的不断提高,也是行业勇于创新的一种体现。

## 参考文献

- [1] 李定南. 国内外悬挂式单轨列车的发展与展望[J]. 国外铁道

车辆,2017(3):1.

LI Dingnan. Development and prospects of the suspended monorail train in China and abroad[J]. Foreign Rolling Stock, 2017(3):1.

- [2] 陈丽君. 新能源悬挂式单轨运控系统[J]. 交通与运输(学术版),2017(12):16.  
CHEN Lijun. Suspended-type monorail signaling system [J]. Traffic & Transportation, 2017(12):16.

(收稿日期:2020-08-26)