

河南郑州“7·20”特大暴雨灾害对地铁区间人员疏散平台改进设计的启示

潘正义

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430061, 武汉)

摘要 [目的]近年来,极端天气增多增强、自然灾害频发,已建城市轨道交通、在建基坑工程等因暴雨导致的灾害极大地对出行人员安全及社会财产造成了不可挽回的巨大损失,为此,必须进一步提升城市轨道交通系统的防淹、抗灾能力。[方法]以河南郑州“7·20”特大暴雨灾害对地铁的影响为出发点,讨论了地铁区间发生灾害时,列车乘客的疏散方案,得出了地铁线路关键部位疏散平台设置方案的有关建议。[结果及结论]建议在地铁区间及其与车站之间采用疏散平台贯通方案;区间联络通道处疏散平台采用贯通方案,并设置若干竖向钢爬梯,作为连接道床与疏散平台的阶梯;车站端部区间人防隔断门外建议增设人防小门,使区间疏散平台与车站设备区站台板连通,以便于乘客疏散。

关键词 地铁区间;疏散平台;防洪抗灾;联络通道;平台贯通方案

中图分类号 U231.96

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.08.046

Reflection from Zhengzhou '7·20' Rainstorm towards Personnel Evacuation Platform Renovation Design in Metro Sections

PAN Zhengyi

(China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., 430061, Wuhan, China)

Abstract [Objective] In recent years, extreme weather events and natural disasters increase and intensify frequently, and rainstorm-induced disasters in built urban rail transit and on-going foundation pit projects are causing significant and irreparable losses to the safety of passengers and social property. Thus, it is necessary to further enhance urban rail transit system flood prevention and disaster resistance capabilities. [Method] Taking the impact of Zhengzhou '7·20' Rainstorm on metro as a starting point, the evacuation schemes for train passengers during metro interval disasters are discussed and relevant suggestions are derived for the evacuation platform setup plan at critical parts of metro lines. [Result & Conclusion] It is suggested to adopt a through-type evacuation platform scheme between metro intervals and stations; interval connect-

ing passage evacuation platform should adopt the through-type scheme and set up vertical steel ladders for connecting track bed and evacuation platform; small civil defense doors should be added at the civil defense partition doors on station end interval to connect the interval evacuation platform with the station equipment area platform board for facilitating passenger evacuation.

Key words metro interval; evacuation platform; flood prevention and disaster resistance; connecting passage; platform through-type scheme

天灾不可避,损失却可减,多年的抢险救灾经验告诉人们,防患未然会少受损,未雨绸缪能多受益。本文以河南郑州“7·20”特大暴雨灾害对地铁的影响为切入点,对地铁车站疏散平台方案进行深入分析,提出了疏散平台方案改进的有关建议。

1 河南郑州“7·20”特大暴雨灾害对地铁的影响

1.1 河南郑州“7·20”特大暴雨灾害强度

自2021年7月17日以来,河南省降雨尤其集中在该省西部、北部和中部地区,省会郑州市的荥阳3d累计降雨量达854mm,郑州市的尖岗县3d累计降雨量达818mm。

7月20日16:00—17:00之间,郑州地区降水量达201.9mm,积水总体积 $1.514 \times 10^9 \text{ m}^3$,相当于116个西湖;7月20日至21日凌晨,郑州累计降雨量达622.7mm,而郑州常年平均全年降雨量为640.8mm。降水强度等级划分标准(内陆部分)见表1。由表1可知:本次“1h降水总量”及“24h降水总量”远远超过特大暴雨降水量等级^[1]。

1.2 河南郑州“7·20”特大暴雨灾害对地铁的影响

1.2.1 第一道防线地铁出入口防进水失效

地铁进水一般是从地铁出入口处发生,所以地

表 1 降水强度等级划分标准(内陆部分)

Tab. 1 Classification criteria for precipitation intensity levels (inland part)

项目	24 h 降水 总量/mm	12 h 降水 总量/mm	1 h 降水 总量/mm
中雨	10.0 ~ 24.9	5.0 ~ 14.9	1.0 ~ 6.9
中雨-大雨	17.0 ~ 37.9	10.0 ~ 22.9	
大雨	25.0 ~ 49.9	15.0 ~ 29.9	7.0 ~ 14.9
大雨-暴雨	33.0 ~ 74.9	23.0 ~ 49.9	
暴雨	50.0 ~ 99.9	30.0 ~ 69.9	15.0 ~ 39.9
暴雨-大暴雨	75.0 ~ 174.9	50.0 ~ 104.9	
大暴雨	100.0 ~ 249.9	70.0 ~ 139.9	40.0 ~ 49.9
大暴雨-特大暴雨	175.0 ~ 299.9	105.0 ~ 169.9	
特大暴雨	≥250.0	≥140.0	≥50.0

注:本表取自国家防总指挥部办公室编制的《防汛手册》。

铁出入口选址会选择地势较高位置。遇到暴雨天气,地铁站一般会从出入口处通过放置沙袋、打开防汛钢闸门开始防水。本次郑州暴雨来得太急、太快,工作人员来不及放置防汛设备,水进入地铁隧道以后,只能通过自身的排水系统和应急抽水泵排水。

导致地铁灌水最为严重的是郑州地铁 5 号线五龙口停车场挡墙被冲垮而引起的乘客伤亡事件。除了当天极端暴雨天气,该隧道段地势低洼也是造成积水的重要原因。五龙口停车场经由出入线连接到沙口路站,事发当日列车行驶在海滩寺站—沙口路站区间范围,与出入线倒灌的洪水相遇,地铁在紧急停车时位于两站中间,地势又比站台更低,紧急制动后列车内水位迅速将列车淹没,造成人员伤亡^[2]。

1.2.2 第二道防线站内排水失效

地铁的防汛设计主要由地铁出入口的防水板、集水坑、地下站厅的地漏、隧道内的抽水泵房等组成。地铁进水之后会流到排水沟集中排出。但雨水大量灌入地铁后,地铁几乎全部断电,通过水泵等站内措施进行排水几无可能。

地铁进水会带来多种风险,包括硬件损坏、触电和密闭缺氧。地铁进水时列车和站内设施都会因泡水损坏,站内还有各种供电系统,如来不及切断可能造成人员触电。而地铁站一旦切断供电,站内的通风系统未必能够正常运作,部分隧道通风靠列车运行带动正负压由通风楼抽排空气,断电后站内、隧道内便会变成密闭空间,氧气浓度降低形成

缺氧环境。同时,水位过高造成的水压会令人员呼吸困难,也可能因为水冷而失温。

列车停靠在海滩寺站—沙口路站区间,人员经由疏散平台疏散至沙口路站。由于郑州地铁 5 号线车站站台与区间接口处的疏散平台是断开的,人员必须从区间疏散平台下到轨行区,再经由轨行区进入到车站站台进行疏散。当时区间范围内水位已超过 1 m,且水势迅猛,人员也无法顺利通过轨行区进入车站,只能返回车厢等待救援。

根据上述河南郑州“7·20”特大暴雨灾害对郑州地铁 5 号线列车乘客疏散的影响,本文重点从疏散平台贯通方案展开分析,提出有关地铁设计的建议。

2 地铁区间人员疏散平台贯通方案

地铁是人员较为密集场所,一旦发生火灾、洪涝灾害等事故,如果不能及时疏散乘客,容易导致人员伤亡、踩踏等事件发生,本文从区间线路人员疏散场景、人防门处人员疏散方案及联络通道疏散平台断开处人员疏散方案开展分析,以提出合理可行的疏散优化措施。

2.1 地铁区间线路人员疏散场景^[3-5]

火灾与洪涝灾害下的地铁区间人员疏散场景有相似之处,故本文以火灾场景予以说明。

2.1.1 邻近车头火灾

当邻近列车车头的车厢起火时,行调远程打开车门和紧急疏散门,为提高疏散效率,列车客室门为单侧全部开启,如图 1 所示。

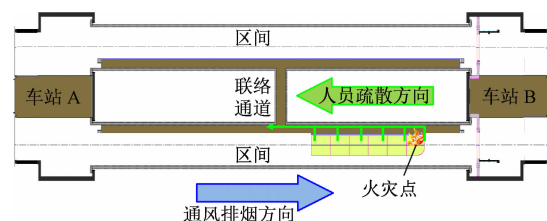


图 1 邻近车头火灾示意图

Fig. 1 Diagram of fire near vehicle head

ISCS(综合监控系统)通过与 ATS(列车自动监控)系统的接口获取区间停车位置信息后,决定区间阻塞通风模式,经人工判断开启通风风机,组织烟气向前方车站排烟。ISCS 根据区间通风模式自动打开疏散指示,人员向后方疏散。

2.1.2 邻近车尾火灾

当邻近车尾的车厢起火时,行调远程打开车

门、紧急疏散门,列车客室门为单侧全部开启,如图2所示。

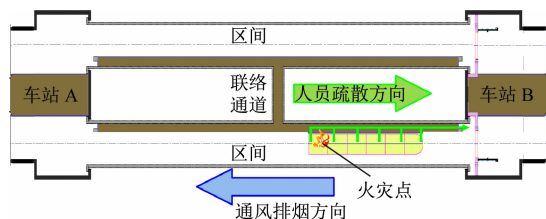


图2 邻近车尾火灾示意图

Fig. 2 Diagram of fire near vehicle end

ISCS 通过与 ATS 系统的接口获取区间停车位置信息后,决定区间阻塞通风模式,经人工判断后开启通风风机,组织烟气向后方车站排烟。ISCS 系统根据区间通风模式自动打开疏散指示,人员向前方疏散。

2.1.3 邻近车中火灾

当邻近车中火灾时就要向列车两端进行疏散,主要存在以下隐患:

1) 以苏州地铁3号线为例,当车辆起火且在人防隔断门处失去动力时,因人防隔断门门框宽度3800 mm、车辆宽度2880 mm,车辆与人防隔断门的缝隙宽度为460 mm,不满足乘客和救援人员纵向通行的宽度(550 mm)要求,会造成人员向前方车站疏散困难,如图3所示。

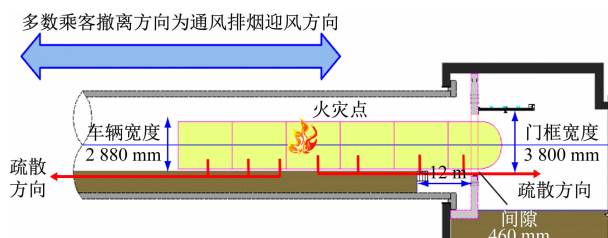


图3 车站端头区间人防隔断门处疏散示意图

Fig. 3 Diagram of evacuation at station end interval civil defense partition door

2) 列车长度大约120 m,当着火点位于车站配线区疏散平台断开长度大于120 m且列车在此失去动力时,此处无疏散平台,车辆底板与轨面有1 m多的高差,列车内的部分乘客难以从车辆跳下至道床面进行疏散。

3) 在车站站台区域一般设置有4~5个信号应答器,区间一般200 m设置1个信号应答器。应答器高于道床面约50~100 mm,宽约300~400 mm(见图4),另外轨道上还有钢轨、扣件、排水沟等,在轨道上疏散极易发生人员绊倒踩踏事故。

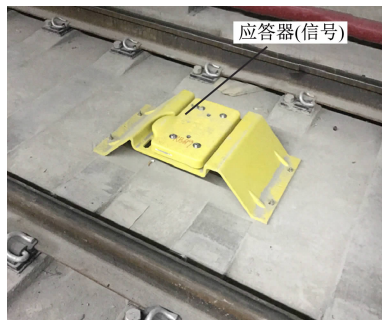


图4 轨道范围内应答器

Fig. 4 Balise within track range

2.2 人防隔断门处疏散方案^[6-8]

按照地铁常规,车站两端线路设有人防隔断门,区间疏散平台在距离车站端墙10 m处断开,乘客需跨过人防隔断门门槛及轨道排水沟,不便于乘客疏散。根据笔者调研国内既有案例,如表2和图5所示,在有隔断门处增设人防小门可以使区间疏散平台与车站设备区站台板连通,以便于乘客疏散。

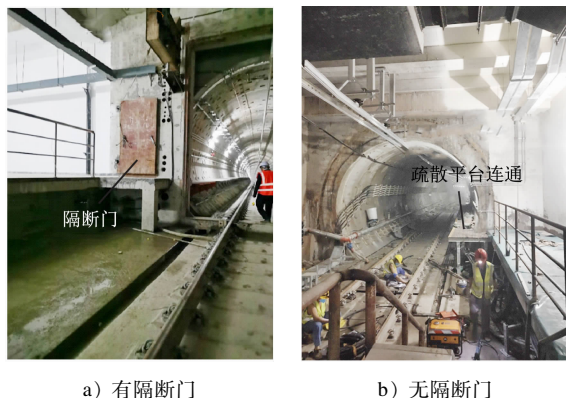
表2 国内地铁区间端头处人防隔断门做法统计

Tab. 2 Statistics of civil defense partition door practices at metro interval end in China

地区	人防隔断门形式
广州	“十三五”规划及后续线路(14号线及后期线路)设置4100 mm宽人防隔断门和900 mm宽人防小门
长沙	目前5号线和6号线设置3800 mm宽人防隔断门和900 mm宽人防小门
南昌	4号线采用3800 mm宽人防隔断门和900 mm宽人防小门;1~3号线采用单扇人防隔断门(3800 mm宽),无疏散小门
南京	前期线路单扇人防隔断门宽3800 mm,无疏散小门;11号线采用3800 mm宽人防隔断门和900 mm宽人防小门,暂未实施
上海	正线直线上设3800 mm宽的人防隔断门,曲线上设4200 mm宽的人防隔断门,无疏散小门
北京、常州、南通、大连	单扇人防隔断门宽3800 mm,无疏散小门
宁波	单扇人防隔断门宽3900 mm,无疏散小门
杭州、无锡	单扇人防隔断门宽4000 mm,无疏散小门
深圳、武汉	单扇人防隔断门宽4200 mm,无疏散小门

2.3 联络通道处人员疏散方案^[9-10]

地铁区间的疏散平台一般是在联络通道位置断开,仅增设一对楼梯供上下。存在的主要问题有:①楼梯影响平台人员的疏散,需先下后上;②疏散平台在联络通道处断开,存在被水淹没的风险,阻断平台疏散路径。



a) 有隔断门

b) 无隔断门

图5 车站端头疏散平台图

Fig.5 Diagram of station end evacuation platform

本次提出联络通道处疏散平台贯通方案,使疏散平台连续,联络通道处设竖向钢爬梯,作为连接道床与疏散平台用。钢爬梯由于存在脱落至轨行区风险,应加强对钢爬梯的可靠性管理,或采用与疏散平台一体连接的装配式钢爬梯。

3 结语

通过上述对地铁区间线路灾害发生时的列车乘客疏散方案的讨论,建议地铁区间及其与车站之间采用疏散平台贯通方案。联络通道处疏散平台连续,并设置一定数量的竖向钢爬梯,作为连接道床与疏散平台的连接设施;在地铁车站的两端也应与区间疏散平台连通,以便于疏散乘客。

参考文献

- [1] 杨松桦,冉峡.对自然灾害事件舆论引导策略的分析:以河南郑州“7·20”特大暴雨灾害为例[J].媒体融合新观察,2021(5):46.
- YANG Songhua, RAN Xia. Analysis of guidance strategies for public opinions during natural disasters—taking the ‘7·20’ rain-storm disaster in Zhengzhou, Henan Province as an example[J]. New Observation of Media Integration, 2021(5):46.
- [2] 宋晓东,李文哲,袁月明.国务院成立郑州“7·20”特大暴雨灾害调查组:河南通报最新灾情:遇难人数上升至302人[N].新华每日电讯,2021-08-03(2).
- SONG Xiaodong, LI Wenzhe, YUAN Yueming. The State Council establishing investigation committee for Zhengzhou 7·20 rain-storm disaster: Henan reports the latest disaster situation with the death toll rising to 302[N]. Xinhua Daily Telegraph, 2021-08-03(2).
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 地铁设计规范:GB 50157—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People’s Republic of China. Code for design of metro: GB 50157—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 地铁设计防火标准:GB 51298—2018[S].北京:中国计划出版社,2018.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People’s Republic of China. Standard for fire protection design of metro: GB 51298—2018[S]. Beijing: China Planning Press, 2018.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑设计防火规范:GB 50016—2014[S].北京:中国计划出版社,2014.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People’s Republic of China. Code for fire protection design of buildings: GB 50016—2014[S]. Beijing: China Planning Press, 2014.
- [6] 虞伟家,张丽平,杨荣山. 地铁区间疏散平台结构设计研究[J]. 铁道建筑,2012,52(10):55.
- YU Weijia, ZHANG Liping, YANG Rongshan. Study on structural design of subway interval evacuation platform[J]. Railway Engineering, 2012, 52(10):55.
- [7] 朱燕琴,李斐. 地铁隧道内疏散平台设计标准探讨[J]. 都市快轨交通,2010,23(5):66.
- ZHU Yanqin, LI Fei. Discussion on design standards of evacuation platforms in subway tunnels[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2010, 23(5):66.
- [8] 钟智丰,禹雷,曹亮,等. 城市轨道交通地下区间大跨度疏散平台结构设计[J]. 铁道勘察,2020,46(3):99.
- ZHONG Zhifeng, YU Lei, CAO Liang, et al. Research on the structural design of long-span evacuation platform in underground section of urban rail transit[J]. Railway Investigation and Surveying, 2020, 46(3):99.
- [9] 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,2013,9(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, 9(7):49.
- [10] 郭桃明,曹宇齐. 地铁消防疏散问题思考与研究[J]. 现代城市轨道交通,2021(9):58.
- GUO Taoming, CAO Yuqi. Thinking and research on metro fire evacuation[J]. Modern Urban Transit, 2021(9):58.

· 收稿日期:2022-03-30 修回日期:2022-04-28 出版日期:2024-08-10
Received:2022-03-30 Revised:2022-04-28 Published:2024-08-10
· 作者:潘正义,高级工程师,635107672@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