

贵阳市轨道交通 3 号线一期工程深埋车站 消防设计研究

黄 寅

(上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司, 200125, 上海//高级工程师)

摘 要 深埋车站突发事件情况下的人员疏散和救援困难较大, 尤其火灾发生时, 极易造成重大的人员伤亡事故。开展深埋车站消防设计研究可有效预防和减少火灾时的人员伤亡, 最大限度地保证人员的生命安全。以贵阳市轨道交通 3 号线一期工程花果园西站消防设计为例, 分析了深埋车站自动扶梯辅助疏散、垂直电梯辅助疏散, 以及防排烟系统、自动喷淋系统和智能疏散系统等的设计要求。

关键词 城市轨道交通; 深埋车站; 消防设计

中图分类号 U231.96

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2022.09.044

Research on Fire Protection Design of Guiyang Rail Transit Line 3 Phase 1 Project Deep Buried Station

HUANG Yin

Abstract It is difficult to evacuate and rescue people from accidents in deep buried stations, especially during fire emergency, which can easily cause major casualties. The research on fire protection design of deep buried stations can effectively prevent and reduce casualties in fire and ensure the life safety of personnel to the greatest extent. Taking the fire protection design of Huaguoyuan West Station of Guiyang Rail Transit Line 3 Phase 1 project as an example, the design requirements of escalator auxiliary evacuation, vertical elevator auxiliary evacuation, smoke control system, fire sprinkler system and smart evacuation system in deep buried station are analyzed.

Key words urban rail transit; deep buried station; fire protection design

Author's address Shanghai Urban Construction Design & Research Institute (Group) Co., Ltd., 200125, Shanghai, China

随着城市轨道交通的发展, 其建设受周边环境制约的因素越来越多。尤其在山地城市, 地势起伏极大, 导致部分车站埋深较深, 其与埋深较浅的车

站相比, 存在层数多、风压损失较大、人员疏散到地面的距离大、疏散时间较长等问题^[1-2]。本文以贵阳轨道交通 3 号线花果园西站消防设计为例, 分析深埋车站的消防设计。

1 城市轨道交通深埋车站消防安全

地下车站具有环境封闭、内部纵深大、层数多、通风及照明条件差、疏散路线长、安全逃生方式与途径单一和火灾救援疏散困难等特点, 一旦发生火灾等突发事件, 极易造成重大人员伤亡和财产损失。随着城市地下空间开始向深层发展, 以及受山地地势等因素影响, 越来越多的深埋车站相继出现。深埋车站的特点决定了其防火和安全疏散设计必须采取一些与浅埋车站不同的原则和方法, 以保证火灾发生时能将生命和财产的损失降低到最小^[3]。现行 GB 50157—2013《地铁设计规范》和 GB 51298—2018《地铁设计防火标准》中关于安全疏散的有关规定都是强制性条文, 但未针对深埋车站作区别化要求, 给该类车站的消防设计及审查带来诸多疑惑和困难。

在深埋车站大量出现的前提下, 如何在现有的规范体系下, 提出针对深埋车站的消防设计要求, 是保障城市轨道交通车站安全、建立健全城市公共安全体系的重要内容。本文综合国内外的相关研究及实践, 结合贵阳市轨道交通 3 号线花果园西站的消防设计, 分析了深埋车站自动扶梯辅助疏散、垂直电梯辅助疏散、防排烟系统、自动喷淋和智能疏散体系等的设计要求, 以保障深埋车站的消防安全。

花果园西站位于贵阳花果园 Q 区东侧狮子岩山体内部, 该站受车站大、小里程区间下穿建筑物、构筑物的地下桩基以及车站所处区域地势起伏较大的影响, 车站轨面埋深超过 70 m (见图 1)。受埋深影响, 该站从站厅到各出入口的通道长度均超过 100 m。

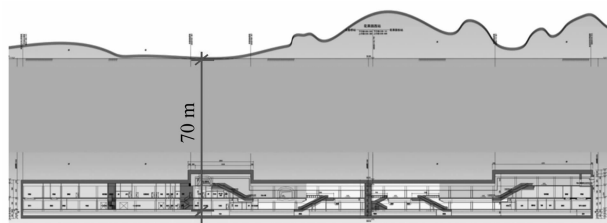


图1 花果园西站埋深示意图

Fig. 1 Diagram of buried depth of Huaguoyuan West Station

1.1 自动扶梯辅助疏散设计

深埋车站的进出站通道的提升高度较高,通道的长度往往超过 100 m,甚至更长。根据 GB 50157—2013《地铁设计规范》和 GB 51298—2018《地铁设计防火标准》的要求,当进出站通道长度为 60 m 时,应设置机械排烟系统;当进出站通道长度超过 100 m 时,应设置安全出口,以保证任意点至最近安全出口的疏散距离不大于 50 m。对于进出车站的楼扶梯设置,常规采用 1 部上行、1 部下行扶梯及 1 部楼梯的组合形式。根据现有设计规范要求,下行扶梯不参与疏散,且需考虑 1 部上行扶梯的检修工况,因此,对于深埋车站而言,其整体的理论疏散能力较低。

国外的深埋车站,如朝鲜平壤、俄罗斯莫斯科等地的轨道交通车站,埋深通常达到 70 m,甚至 100 m 以上。其进出站通道通常设置 3 部一次提升直达地面的自动扶梯,正常情况下,采用 1 部上行、1 部下行和 1 部备用的运行模式(见图 2)。根据 GB 50157—2013《地铁设计规范》,宽为 1 m、运行速度为 0.65 m/s 的自动扶梯的最大通过能力为 8 190 人次/h;1.8 m 宽楼梯(与扶梯设备宽度相当)折算为 3 股人流,其最大通过能力为 5 280 人次/h。采用扶梯作为主要疏散工具,其效率约为楼梯的 1.5 倍。



图2 莫斯科某地铁站进出车站扶梯

Fig. 2 Entry/exit of certain Moscow metro station

考虑到一次提升过大扶梯设备的造价及可靠性,可在超长通道中设置中间平台,采取分段提升策略。在中间平台处,设置安全出口通道。这样,既满足规范中当进出站通道长度超过 100 m 时需设

置安全出口的要求,又降低了扶梯设备的费用,提高了扶梯设备的可靠性。根据 GB 50157—2013《地铁设计规范》及 GB 51298—2018《地铁设计防火标准》的要求,考虑到扶梯设备的不可靠性,设置扶梯的同时必须设置楼梯。在花果园西站提升高度较大的进出站通道,采用的是 3 部扶梯+1 个楼梯的组合形式,正常情况下,使用 2 部扶梯和 1 个楼梯,另 1 部扶梯备用;火灾工况下,3 部扶梯全部采用上行(疏散方向)模式运行,参与车站人员疏散。花果园西站楼扶梯设置如图 3 所示。

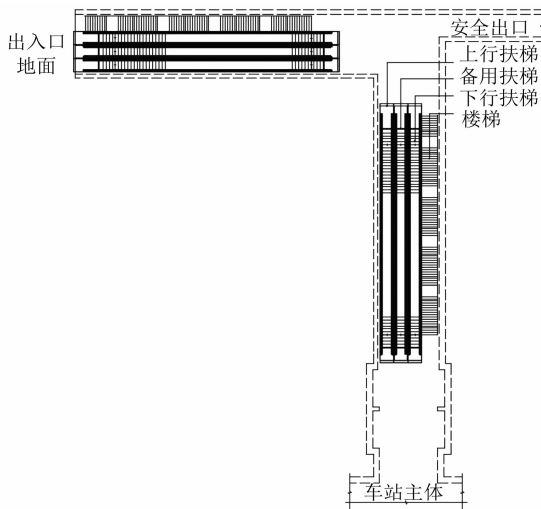


图3 花果园西站进出站通道楼扶梯设置示意图

Fig. 3 Schematic diagram of escalator setting at entry/exit of Huaguoyuan West Station

1.2 垂直电梯辅助疏散设计

深埋车站的疏散距离远、疏散时间长,如果仅使用楼梯加扶梯的组合疏散方式,其疏散效率仍不够高效。目前,国内外的超高层建筑及地铁正开展高速电梯辅助疏散的研究,超高层建筑如上海中心、地铁建筑如香港地铁香港大学站(见图 4)已开展采用垂直电梯参与辅助疏散的相关试点工作。



图4 香港地铁香港大学站高速电梯

Fig. 4 High speed elevator of Hong Kong MTR Hong Kong University Station

车站的垂直电梯一般仅作为残障人士及携带大件行李的乘客进出站使用。深埋车站的竖向提升高度较大,甚至出现提升高度大于 100 m 的车站,因此如果垂直电梯参与疏散,其安全性至关重要。垂直电梯停靠楼层较为单一,常规车站的垂直电梯仅在通道层、地面层停靠,这点成为了火灾工况时垂直电梯高效运行的一个先天优势。垂直电梯采用消防电梯标准设计及双电源系统,同时在出入口通道层电梯门处设置防火卷帘,火灾工况下,防火卷帘降下,可防止烟气进入电梯井道。深埋车站垂直电梯的提升高度较大,按照规范要求,当相邻停靠层高相差大于 11 m 时,垂直电梯需设置井道安全门,并在井道安全门处设置楼梯用于设备故障时的人员撤离,火灾时疏散人员可利用该楼梯间,由通道层进入通道上方设置的临时避难层。

火灾工况下,垂直电梯的运行模式为:首先停靠地面层将电梯内人员疏散,继而进入辅助疏散模式,往复运行于出入口通道上方的临时避难层与地面层之间,将临时避难层的人员高效地点到点运输至地面进行疏散^[4-5],如图 5 所示。当消防人员到达救援现场时,考虑到消防队员携带的装备较多,通过楼梯进入深埋车站对消防人员体力消耗极大,此时垂直电梯可由消防人员手动控制,方便消防人员通过该电梯到达深埋出入站通道,并尽快到达深埋车站各层开展救援工作。

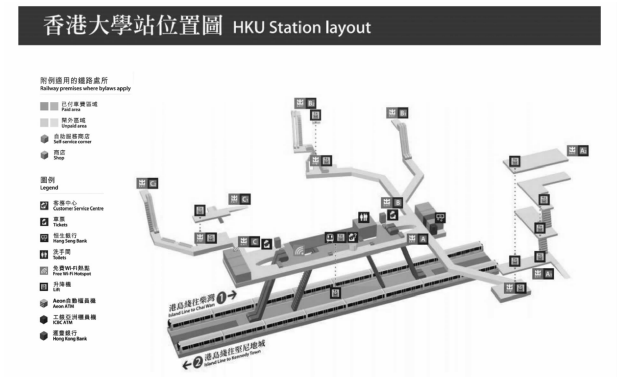


图 5 香港大学站垂直电梯疏散示意图

Fig. 5 Schematic diagram of vertical elevator evacuation at Hong Kong University Station

花园园西站在车站 2 号出入口设置 2 部垂直电梯及垂直疏散楼梯。因为地铁出入口的垂直电梯正常工况下仅往返于站厅层与地面层之间,所以在火灾工况时,车站站厅层需要疏散的人员在通过出

入口通道到达临时安全区域后,可经由作为辅助疏散的垂直电梯到达地面进行疏散(见图 6)。综合整个车站的疏散条件,经过疏散软件模拟,最终将垂直电梯的运行速度定为 2 m/s,车站整体疏散效率可以提高约 25%。

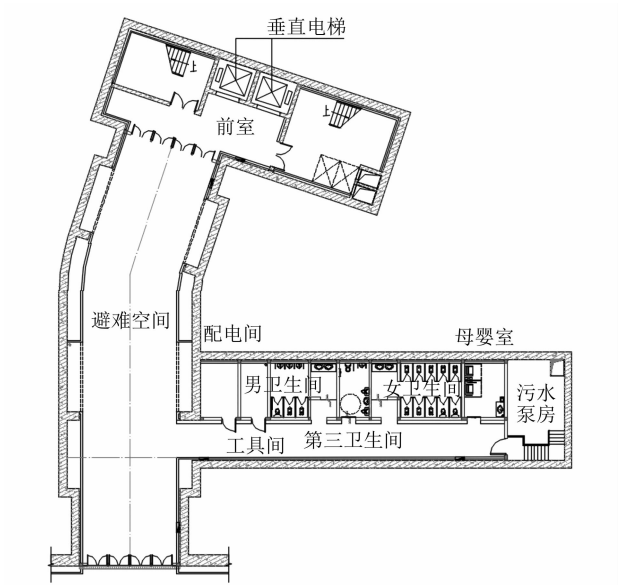


图 6 花园园西站垂直电梯疏散示意图

Fig. 6 Schematic diagram of vertical elevator evacuation at Huaguo Yuan West Station

1.3 防排烟设计

深埋车站的进出站通道长度普遍大于 100 m, GB 50157—2013《地铁设计规范》仅对进出站通道长度大于 60 m 时提出设置机械排烟措施的要求,对车站站厅、站台的排烟措施未做具体要求。深埋车站因其通道长度较长、烟气排出较为困难,所以需要考虑控制烟气的扩散,以保证人员疏散时间小于火灾发展至人体耐受极限的时间^[6]。

深埋车站通常采用矿山法施工,站厅层顶部形成拱顶,上部空间较高,可为火灾工况下烟仓蓄烟提供较好的条件,可有效延长烟气下降至危害人员疏散高度的时间。但因深埋车站进出站通道普遍较长,疏散时间也较长,所以仍需加强排烟设计,以进一步延长烟气下降扩散至进出站通道的时间。

花园园西站进出站通道共设置 3 部扶梯和 1 个楼梯,由于其土建宽度较宽,结合矿山法施工需求,需加高出入口通道断面高度以提供更大的蓄烟空间。由于烟气向上扩散较为显著,所以需在楼扶梯组斜段处分段设置挡烟垂壁,以减缓烟气向人员疏散方向蔓延的速度(见图 7)。

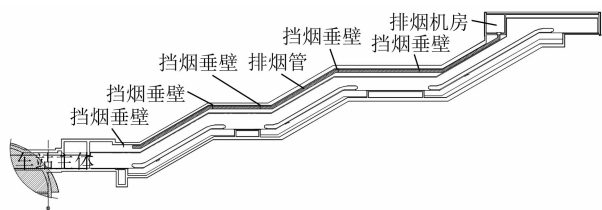


图7 花果园西站出入口防排烟设计示意图

Fig. 7 Schematic diagram of smoke control design at entry/exit of Huaguoyuan West Station

1.4 自动喷淋系统设计

对于地下车站,规范并未要求设置喷淋系统。韩国大邱地铁火灾事故发生后,为提高车站的安全性,上海市应急管理局要求所有地下车站公共区必须设置自动喷淋灭火系统,国内其他城市对此并未有相应要求。城市轨道交通车站,尤其是深埋车站,有人员疏散难度高的特点,设置自动喷淋系统可有效控制火势蔓延,保护人员生命安全。

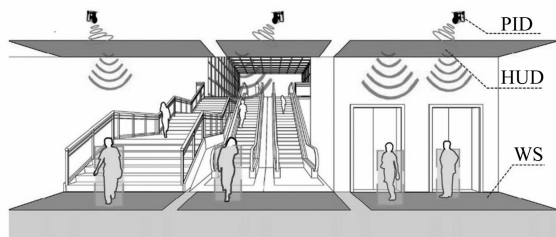
自动喷淋系统的开启可有效扑灭初期火灾,减缓初期火灾烟气的扩散。同时,该系统可以降低室内环境温度,减小火灾高温对建筑结构的破坏,有利于降低对人员的热辐射,为安全疏散提供保障。自动喷淋系统工作时,喷水至地面将导致地面湿滑,进而易发生踩踏事件,故要求地面采用防滑系数较高的石材地面,保证人员疏散时的安全性^[7]。花果园西站在车站站厅层、站台层公共区均设置了自动喷淋系统,可有效减缓火灾的蔓延,为人员疏散提供更好的疏散环境。

1.5 智能疏散体系设计

城市轨道交通车站设置有疏散指示标志,车站公共区内的疏散指示标志通常指向最近的安全出口,而未考虑火灾工况下按既定的疏散指示标志疏散,有疏散到火源点的可能性,存在一定的安全隐患。由于深埋车站具有疏散距离长、疏散时间长和疏散环境较差等特点,疏散时应保证疏散方向的准确性与可靠性。

目前,越来越多的大型交通枢纽、公共建筑开始采用智能疏散系统,以进一步提高疏散指示的准确性与安全性。智能疏散系统可根据报警的烟感点位判断火灾发生点,进而根据预设的疏散路线调整疏散指示标志指示方向,避免人员错误地向火灾发生点疏散,从而保证人员从最近、最安全的路线进行疏散。因城市轨道交通火灾仅考虑单一火源的发生,其智能疏散系统的可操作性更高。

花果园西站在车站内增加智慧疏散引导设施,形成疏散地图(见图8),保障疏散效率和安全性。通过智慧监测技术,实时监测避难空间和垂直疏散交通核的人员密度情况,在人员拥堵情况下发送信号,引导人员从其他出口进行疏散,保障整体疏散效率。



注: WS 为重量传感器; HUD 为超声波高度探测器; PID 为行人识别装置。

图8 智慧疏散引导设施示意图

Fig. 8 Schematic diagram of smart evacuation guidance facilities

2 结语

深埋车站的埋深较深,其疏散较埋深较浅车站更为困难,但目前的规范对其消防设计并无具体要求。本文在现有设计规范要求的基础上,结合贵阳市轨道交通3号线花果园西站的消防设计,对自动扶梯辅助疏散、垂直电梯辅助疏散、增强防排烟设计、设置自动喷淋系统、采用智能疏散体系等的设计要求进行了分析,探讨了提高深埋车站火灾工况下安全疏散的措施,可为深埋车站的消防设计提供借鉴。

参考文献

- [1] 张德志. 重庆深埋地铁车站出入口安全疏散设计[J]. 都市轨道交通, 2009(2): 56.
ZHANG Dezhi. Safety evacuation design for the entrances and exits of deep stations on Chongqing metro[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2009(2): 56.
- [2] 张欢. 深埋地铁车站人员紧急疏散计算[J]. 都市轨道交通, 2014(1): 19.
ZHANG Huan. Study on human evacuation calculation during urgency in deeply buried metro station[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2014(1): 19.
- [3] DONG L, WU J, WANG W. A safe evacuation mode for ultra deep underground space in urban rail transit stations[J]. Journal Européen des Systèmes Automatisés, 2019, 52(4): 377.
- [4] 胡望社, 李俊钊, 李自力, 等. 基于 pathfinder 的超深地下公共空间垂直疏散体设计——以青岛某地下人防工程为例[J]. 后勤工程学院学报, 2015(6): 27.

HU Wangshe, LI Junzhao, LI Zili, et al. Design of vertical evacuation body for super deep underground public space based on the pathfinder; a case study of Qingdao underground civil defense fortifications [J]. Journal of Logistical Engineering University, 2015(6):27.

[5] 张鸿武. 上海中心大厦电梯辅助疏散技术应用设计[J]. 建筑学报, 2019(3):40.

ZHANG Hongwu. Technical application of elevator auxiliary evacuation in designing Shanghai Tower [J]. Architectural Journal, 2019(3):40.

[6] 张毓斌. 地铁深埋车站疏散与防排烟问题研究[J]. 制冷与空

调, 2015(1):22.

ZHANG Yubin. The research of smoke control and evacuation in deep buried metro station [J]. Refrigeration and Air Conditioning, 2015(1):22.

[7] 覃旭. 深埋车站消防系统设计的探讨[J]. 城市建筑, 2020(11):74.

QIN Xu. Discussion on the design of fire protection system in deep buried station [J]. Urbanism and Architecture, 2020(11):74.

(收稿日期:2021-12-30)

(上接第 202 页)

信号系统 ATS、CI、ZC 和 ATP 的一揽子技术改造方式,可满足自动化车辆段的自动出入库需求。所提改造方案的优点在于投资小、易于施工和适用范围广,极大地减轻了信号楼值班员的工作强度。在提高出入库效率的同时,在一定程度上提高了列车运行的安全性和作业效率。其缺点在于自动化程度不高,未涉及列车的自动休眠和唤醒等功能。根据试运营报告中的数据进一步验证了该方案的可行性,本文研究结论对 CBTC 改建自动化车辆段具有一定的参考价值。

参考文献

[1] 陈宁宁,张琦,王开锋,等. 城市轨道交通既有车辆段短库线全自动驾驶改造方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2019

(3):46.

CHEN Ningning, ZHANG Qi, WANG Kaifeng, et al. Research on full automatic operation reform for the existing depot short parking line of urban rail transit [J]. Urban Mass Transit, 2019(3):46.

[2] 李春宇. GOA2 与 GOA4 信号系统技术要求对比分析[J]. 铁路通信信号工程技术, 2019(7):61.

LI Chunyu. Contrastive analysis of technological requirements of GOA2 and GOA4 signal systems [J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2019(7):61.

[3] 郭伟. 地铁自动化车辆段信号系统设计中的安全要素[J]. 城市轨道交通研究, 2017(增刊 1):81.

GUO Wei. Critical safety elements in automatic depot signaling system design [J]. Urban Mass Transit, 2017(S1):81.

(收稿日期:2020-08-26)

(上接第 207 页)

[5] 李强,朱浩鹏,罗欣. 全自动无人驾驶系统中的列车快速筛选方法分析[J]. 城市轨道交通研究, 2019(4):122.

LI Qiang, ZHU Haopeng, LUO Xin. Analysis of train rapid selection for automatic unmanned driving operation system [J]. Urban Mass Transit, 2019(4):122.

[6] 郑京生. 列车占用检测延时对 CBTC 信号系统安全影响研究[J]. 铁道通信信号, 2018(10):9.

ZHENG Jingsheng. Study on the influence of train occupancy detection delay on CBTC system safety [J]. Railway Signalling & Communication, 2018(10):9.

[7] 曾洁毅,何柳. 上海轨道交通 11 号线车辆段转换轨信号联锁

设计的对比分析[J]. 城市轨道交通研究, 2018(增刊 1):83.

ZENG Jieyi, HE Liu. Comparative analysis of signaling interlocking design in the depot transition zone on Shanghai rail transit line 11 [J]. Urban Mass Transit, 2018(S1):83.

[8] 覃定明,李永霞,喻智宏,等. 地铁出入段线转换轨设置[J]. 都市快轨交通, 2014(4):35.

QIN Dingming, LI Yongxia, YU Zhihong, et al. Setting of transfer track of metro entrance & exit depot line [J]. Urban Rapid Rail Transit, 2014(4):35.

(收稿日期:2021-11-12)