

城市轨道交通全自动运行车辆基地运用库内 自动化区主动防护技术

张正远

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 710043, 西安)

摘 要 [目的]城市轨道交通在运用库库前或库中设置下穿通道或上跨天桥实现人员进入自动化分区作业的做法,工程投资较大,人员走行距离长,作业极为不便,影响人员疏散,造成安全隐患,因此需进一步研究运用库内自动化区不采用下穿通道或上跨天桥通行的防护技术。[方法]基于FAO(全自动运行)车辆基地运用库内自动化区常规防护策略存在的消防安全隐患、通行不便、管理程序复杂、工程投资较大及施工难度大等问题,提出了主动防护技术。根据主动防护技术的思路,对运用库内自动化区进行了布置,并对主动防护作业流程以及主动防护技术的系统架构作了详细介绍。[结果及结论]FAO车辆基地运用库内自动化区的主动防护技术为:将中间通道的电动伸缩门由常闭状态调整为常开状态,取消下穿通道或上跨天桥,人员、维修车辆通过中间通道进入各自动化分区。采用主动防护技术后,运用库内中间通道在无车辆出入库作业时,人员可以正常通行,减少了人员和维保车辆走行距离,消除了消防安全隐患,提高了运营管理效率,减少了工程投资和施工难度。

关键词 城市轨道交通;车辆基地;运用库内自动化区;全自动运行;主动防护技术

中图分类号 U279.1

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.03.045

Active Protection Technology of Depot Automatic Zones in Urban Rail Transit FAO Vehicle Base

ZHANG Zhengyuan

(China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., 710043, Xi'an, China)

Abstract [Objective] Setting up underpass or overpass in front or inside the urban rail transit depot for personnel's access to the automatic zone requires large project investment, being prone to affect personnel evacuation and cause safety hazards due to the long walking distance and extremely inconvenient operation. Therefore, it is necessary to make further research on protection technology that does not use underpasses or overpasses in the depot automatic zone. [Method] Due to the problems such as hazards of fire safety, inconvenient access,

complicated management procedure, large project investment and construction difficulty under traditional protection strategy for the depot automatic zone in FAO (fully automatic operation) vehicle base, the active protection technology is put forward. The depot automatic zone is arranged according to the concept of active protection technology. The active protection operation process and the system architecture of this technology are introduced in detail. [Result & Conclusion] The active protection technology for the depot automatic zone in the FAO vehicle base is as follows: the electric retractable door in the middle channel is adjusted from normally closed state to normally open state. The underpass or overpass is canceled and the personnel and maintenance vehicles can enter the automatic zones through the middle channel. After the active protection technology is used, the personnel can pass the middle channel normally when no vehicle entering or exiting in the depot. Using active protection technology reduces the walking distance of both the personnel and maintenance vehicles, eliminates fire safety hazards, improves operation management efficiency and reduces project investment and construction difficulty.

Key words urban rail transit; vehicle base; depot automatic zone; FAO; active protection technology

FAO(全自动运行)车辆基地分为自动化区和非自动化区,自动化区车辆运行由信号系统控制,非自动化区由ATP(列车自动防护)下的人工驾驶或调车机车牵引运行。自动化区定义为无人区,非授权不得进入,其又可同时划分为若干自动化分区,利用栅栏等措施进行物理隔离^[1]。为了实现人员进入自动化分区作业的目的,在运用库库前或库中设置下穿通道或上跨天桥。该做法工程投资较大,人员走行距离长,作业极为不便,若火灾情况下库中电动伸缩门不能及时打开,影响人员疏散,造成安全隐患。因此,需进一步研究运用库内自动化区不采用下穿通道或上跨天桥通行的防护技术。

1 FAO 车辆基地概述

1.1 FAO 车辆基地的设计特点

FAO 车辆基地不仅可以减少司机操作时间,降低司机劳动强度,显著提高车辆出入段能力,而且可以避免司机人为误操作,以及减少误操作带来的安全隐患。

FAO 与非 FAO 车辆基地的不同之处主要包括总图功能分区、信号转换轨设置、安全防护措施、股道长度、检查坑数量及运用检修工艺流程等^[2],且其作业场景差异也较大。在具体实践中,自动化区

的防护措施是研究的重点。

1.2 运用库内自动化区常规防护策略

常规 FAO 车辆基地运用库主要采用被动防护策略,其与正线相同亦将运用库内定义为无人区,通常采取一系列防护措施,非授权情况下禁止人员进入,且车辆在运用库内采用 FAO 模式。其主要防护措施包括:划分自动化分区,设置下穿通道或上跨天桥,设置 SPKS(人员作业防护开关)及门禁,以及设置防护门等^[3]。运用库被动防护设施平面示意图见图 1。

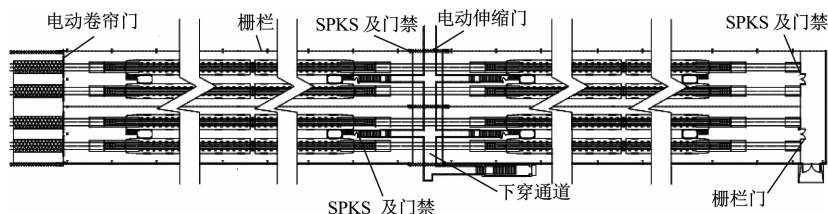


图 1 运用库被动防护设施平面示意图

Fig. 1 Plan sketch of passive protection facilities in the depot

1.3 常规防护策略存在的问题

1.3.1 消防安全隐患

运用库内中间通道设置大量的电动伸缩门,该电动伸缩门处于常闭状态,发生火灾时,如电动伸缩门发生故障不能及时打开,需要人工逐一操作,延长消防疏散与扑救时间,对人员生命健康及财产安全造成较大的潜在威胁。

1.3.2 通行不便

运用库内中间通道电动伸缩门处于常闭状态,人员需通过下穿通道或上跨天桥进入库内,上下楼梯不便,行走距离较长^[4]。同时列检机器人逐渐开始推广使用,通常 1 台列检机器人大约负责 2 个自动化分区车辆列检作业^[5],电动伸缩门常闭影响列检机器人跨分区作业。

1.3.3 管理程序复杂

运用库内各自动化分区设置有大量的 SPKS 及门禁,人员进入各自动化分区,需要请销点并得到授权,管理程序较为复杂。

1.3.4 工程投资较大

下穿通道或上跨天桥通常净高不小于 2.3 m,宽度不小于 1.5 m,通道埋深不小于 4.3 m,天桥下净空不小于 6.7 m。根据情况配备集水井,水泵、机械排烟及照明等设备设施,同时还设置大量的栏杆门、SPKS 及门禁,工程投资较大。

1.3.5 施工难度大

下穿通道埋深较深,其内部还设有集水井,分区出口常靠近检查坑或承台,易造成结构冲突。下穿通道施工时放坡条件常常不足,需采用拉森钢板桩等进行边坡防护。同时由于空间距离较小,施工误差较大时易造成侵限,工程实施难度增大^[6]。

1.4 安全防护系统的研发与应用

国内部分设备供应商研发了自动化区安全防护系统,并将其成功应用于南宁城市轨道交通项目,且应用效果总体良好^[7]。该防护系统对应的运用库内布置与常规设计基本相同,保留了下穿通道或上跨天桥以及电动伸缩门等,主要通过门禁管理、安全联锁控制、实时监控、人员防护等措施对被动防护策略进行补强。

2 运用库内自动化区主动防护技术

2.1 主动防护技术的主要思路

主动防护技术的主要思路是改被动防护为主动防护,中间通道的电动伸缩门由常闭状态调整为常开状态,取消下穿通道或上跨天桥,人员、维修车辆通过中间通道进入各自动化分区。其防护策略是根据制定的收发车计划,在车辆出入库时提前关闭自动化分区两侧的电动伸缩门,以形成临时的无人区,保证车辆自动运行出入库。车辆完成出入库

作业后,运用库内按有人区对待,库内通行及作业与非 FAO 车辆基地一致^[8]。

2.2 运用库内布置

运用库内每 2~3 股道划分为 1 个自动化分区,每个自动化分区采用高度不小于 1.8 m 的栅栏进行隔离。在中间通道处设置电动伸缩门、安全开关和

门禁,库后设置栅栏门、安全开关及门禁,库前设置电动卷帘门,电动卷帘门与信号系统联锁。运用库内每个自动化分区利用栅栏隔离出若干准安全区域,每个准安全区域栅栏门均设安全开关和门禁。运用库主动防护设施平面示意图见图 2。

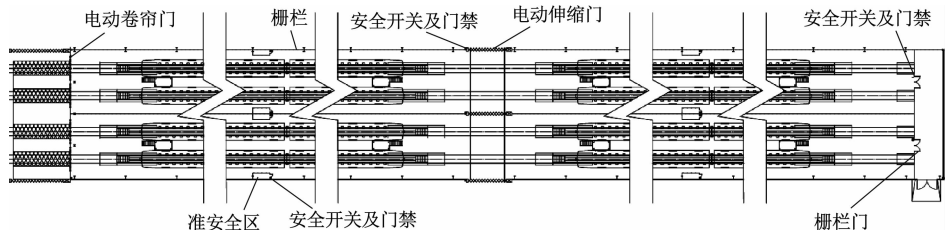


图 2 运用库主动防护设施平面示意图

Fig. 2 Plan sketch of active protection facilities in the depot

在运用库内设置用于探测是否有人存在的人员定位系统(视频和红外探测系统或其他人员定位技术),以及用于提前报警的声光报警和广播系统。运用库主动防护设施剖面示意图见图 3。

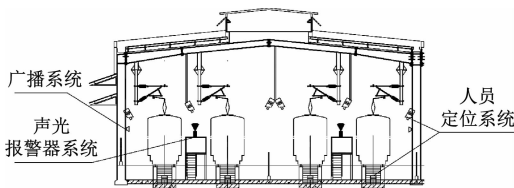


图 3 运用库主动防护设施剖面示意图

Fig. 3 Profile diagram of active protection facilities in the depot

2.3 主动防护作业流程

主动防护作业流程分为 4 种模式,分别是出库模式、入库模式、高峰模式和人工及紧急模式。

2.3.1 出库模式

信号系统提前将车辆出库信息发送给防护系统,防护系统根据出库车辆股道号判断车辆所属的自动化分区,以及对应的电动伸缩门、电动卷帘门、栅栏门、准安全区、安全开关及门禁。

在车辆出库前,对应的自动化分区内的声光报警及广播系统提前开始工作,通知该分区内的人员撤离,同时人员定位系统探测该分区是否有人存在,如果有人员逗留,则车辆继续休眠,声光报警和广播系统持续报警,直到人员撤离。紧急情况下,人员无法及时撤离时,可以进入准安全区,关闭准安全区开关,人员定位系统可判定该分区无人。当人员定位系统探测或判定该分区无人后,分区两侧

的电动伸缩门关闭,安全开关判断电动伸缩门是否关闭,当确认电动伸缩门已关闭,车辆开始唤醒并自检,自检完成后防护系统通知库前电动卷帘门打开,车辆自动运行出库。特殊情况下,当安全开关判定电动伸缩门发生故障且未关闭时,则防护系统通知人工处理,并由人工关闭安全开关。

车辆出库后,信号系统判定车辆是否出库。当确认车辆已经出库,则电动伸缩门打开,库前电动卷帘门关闭,出库流程结束。车辆出库模式流程示意图见图 4。

2.3.2 入库模式

信号系统提前将车辆入库信息发送给防护系统,与出库模式相同,防护系统根据股道号判断自动化分区及设备设施。

在车辆入库前,对应的自动化分区内的声光报警及广播系统提前开始工作,通知该分区内的人员撤离,同时人员定位系统探测该分区是否有人存在,如果有人员逗留,则防护系统通知信号系统控制车辆在库前一度停车,声光报警和广播系统持续报警,直到人员撤离。在紧急情况下,人员无法及时撤离时,可以进入准安全区,关闭准安全区开关,人员定位系统可判定该分区无人。当人员定位系统探测或判定该分区无人后,分区两侧的电动伸缩门关闭,库前电动卷帘门打开,安全开关判断电动伸缩门是否关闭,当确认电动伸缩门已关闭,则信号系统控制车辆入库。特殊情况下,当安全开关判定电动伸缩门发生故障且未关闭时,则防护系统通知人工处理,并由人工关闭安全开关。

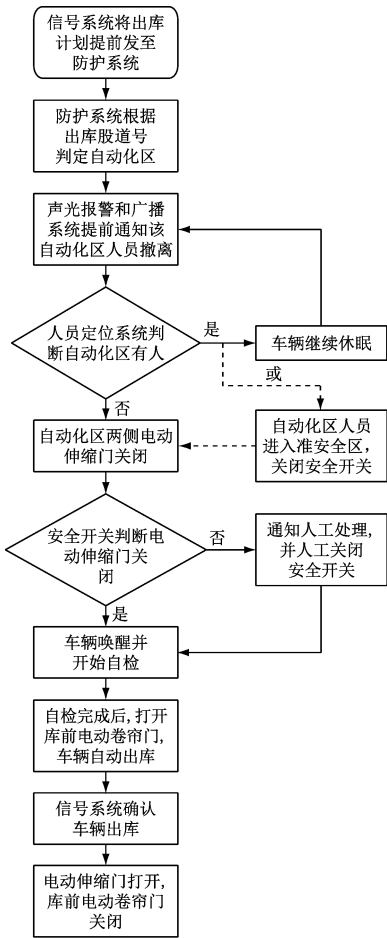


图4 车辆出库模式流程示意图

Fig.4 Flow chart of vehicles exiting the depot mode

车辆入库后,接触网断电,电动伸缩门打开,库前电动卷帘门关闭,人员可以进入分区进行整备等作业。作业完成后,信号系统切除,车辆休眠,入库流程结束。车辆入库模式流程示意图见图5。

2.3.3 高峰模式

在车辆出入库高峰时段,防护系统可以通过声光报警和广播系统将库内人员全部清空,并在设定的时间段内使整个库内最外侧的电动伸缩门关闭,并将库前电动卷帘门全部打开,满足车辆频繁出入库需求。当高峰时段结束后,进入正常出入库防护模式。

2.3.4 人工及紧急模式

在获得授权的情况下,可以通过防护系统人工远程操作,随意关闭或开启任意一处电动伸缩门和电动卷帘门,开启和关闭时采用与出入库模式相同的有人、无人判断逻辑控制车辆出入。同时防护系统应与FAS(火灾报警系统)联动,运用库内发生火灾等紧急情况下,防护系统应能控制电动伸缩门、

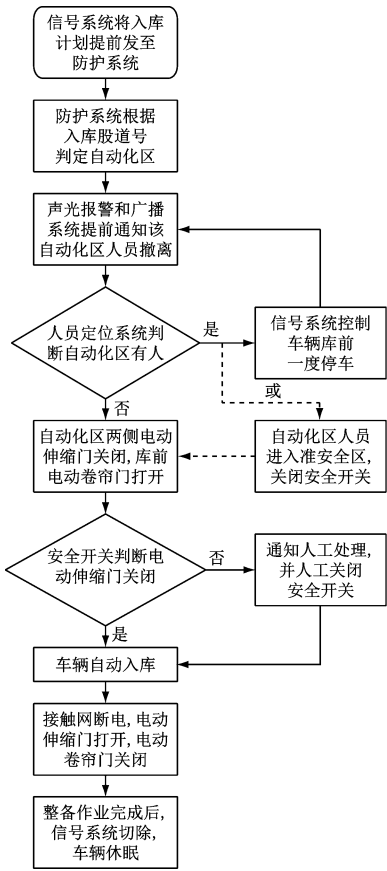


图5 车辆入库模式流程示意图

Fig.5 Flow chart of vehicles entering the depot mode

电动卷帘门自动打开,便于人员疏散及消防扑救。

2.4 主要设备系统架构

主动防护技术的设备系统主要包括:防护系统主机、声光报警及广播子系统、人员定位子系统、电动伸缩门与电动卷帘门、安全开关及门禁。主动防护技术系统架构示意图见图6。

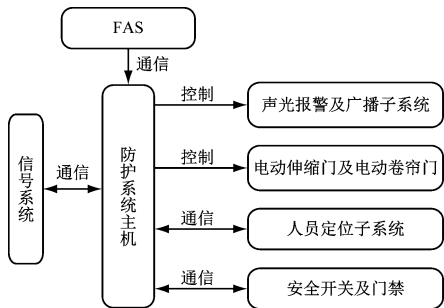


图6 主动防护技术系统架构示意图

Fig.6 System architecture diagram of active protection technology

2.4.1 防护系统主机

防护系统主机设置在运转综合楼专用机房内,监视器及控制设备设置在DCC(车辆基地调度控制

中心)调度台,防护系统主机是整个防护系统的核心,承担防护系统的逻辑判断功能,并与信号系统、FAS及防护系统各子系统进行通信,接受信号系统、人员定位系统及安全开关反馈指令,并给信号系统发送确认指令,同时给声光报警及广播系统、电动伸缩门及电动卷帘门发送报警及开关指令。

2.4.2 声光报警及广播子系统

声光报警及广播子系统主要包括声光报警系统和广播系统两部分:声光报警系统设置在司机登车平台处,也可以设置在运用库内地面,其主要目的是通过声、光警报告知库内人员该分区即将有车辆出入库,应及时撤离;广播系统设置在库内侧墙或结构柱上,主要通过广播的形式,将预录的车辆出入库分区信息通知库内人员。

2.4.3 人员定位子系统

人员定位子系统主要包括红外探测与视频定位系统(亦可采用其他形式的人员定位设备),设置在运用库内检查坑及库内地面或库顶,其主要目的是探测分区内股道两侧通道及检查坑是否有人存在,车辆出入库作业时,探测工作持续进行。

2.4.4 电动伸缩门及电动卷帘门

电动伸缩门设置在库中间通道处,电动卷帘门设置在库门处,均根据防护系统主机指令自动打开或关闭。电动卷帘门与信号系统联锁,未打开时禁止车辆出入库。

2.4.5 安全开关及门禁

安全开关及门禁设置在电动伸缩门、准安全区及栅栏门处。安全开关的主要作用是防护系统主机反馈门的开关状态,并在防护系统授权下打开门禁,允许人员出入。

3 结语

针对FAO车辆基地自动运行区常规防护策略存在的问题,研究提出一种利用智能化和信息化技术,通过逻辑判断控制防护门开关而形成临时无人区进行防护的主动防护技术。该技术可以取消下穿通道或上跨天桥,使运用库内中间通道电动伸缩门处于常开状态,保证人员和维修车辆正常通行。该技术可以避免消防隐患,提高运营管理效率,减少工程投资和施工难度,具有较好的应用前景。

参考文献

- [1] 王力. 城市轨道交通全自动运行系统车辆基地分区隔离方案[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(8): 159.
WANG Li. Zoning and segregation plan for urban rail transit fully automatic operation system vehicle base[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(8): 159.
- [2] 石鹏鹏, 王亚丽, 金健, 等. 城市轨道交通全自动运行车辆基地设计[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(6): 206.
SHI Pengpeng, WANG Yali, JIN Jian, et al. Urban rail transit FAO vehicle base design[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(6): 206.
- [3] 韩秀辉, 刘伟. 全自动运行地铁车辆段停车列检库设计研究[J]. 铁路技术创新, 2019(6): 62.
HAN Xiuhui, LIU Wei. Design of inspection sheds of fully autonomous metro train depots[J]. Railway Technical Innovation, 2019(6): 62.
- [4] 张荣国, 冯凯. 全自动驾驶模式下地铁车辆基地运用库工艺设计研究[J]. 铁道标准设计, 2019, 63(10): 182.
ZHANG Rongguo, FENG Kai. Research on process design of operation depot of metro vehicle base in fully automatic driving mode[J]. Railway Standard Design, 2019, 63(10): 182.
- [5] 巫红波, 邱伟明, 王静, 等. 城轨车辆用多股道智能巡检机器人检测系统[J]. 机车电传动, 2022(1): 45.
WU Hongbo, QIU Weiming, WANG Jing, et al. Detection system of multi-track intelligent inspection robot for urban rail vehicles[J]. Electric Drive for Locomotives, 2022(1): 45.
- [6] 韩志彬, 张政, 王鹏博. 全自动车辆基地停车列检库检修通道设计研究[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(3): 116.
HAN Zhibin, ZHANG Zheng, WANG Pengbo. Study on design of train inspection garage maintenance passage of fully automated vehicle depot[J]. Urban Mass Transit, 2022, 25(3): 116.
- [7] 史时喜. 地铁全自动驾驶车辆基地自动驾驶区安全防护系统研究[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(6): 216.
SHI Shixi. Research on safety protection system of automatic driving area in metro fully automatic operation vehicle base[J]. Urban Mass Transit, 2022, 25(6): 216.
- [8] 张正远, 蒋杰, 刘志勇, 等. 全自动驾驶车辆基地库内自动化分区防护装置及方法: 202110188454. 6[P]. 2022-06-03.
ZHANG Zhengyuan, JIANG Jie, LIU Zhiyong, et al. Protection device and method for automatic zones in garage of FAO vehicle base: 202110188454. 6[P]. 2022-06-03.

· 收稿日期:2023-09-13 修回日期:2023-10-31 出版日期:2024-03-10
Received:2023-09-13 Revised:2023-10-31 Published:2024-03-10
· 作者:张正远,高级工程师,277417647@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