

# 城市轨道交通全自动运行系统车辆基地分区隔离方案

王 力

(广州地铁设计研究院股份有限公司, 510010, 广州//高级工程师)

**摘 要** 目的:为保证作业人员人身安全,需研究 FAO(全自动运行)系统车辆基地全自动运行区和非全自动运行区之间的隔离措施,以及全自动运行区内部的分区隔离措施。方法:介绍了 FAO 系统车辆基地相较于传统车辆基地的升级项目;分析了 FAO 系统车辆基地设置隔离分区的必要性及国内的实际现状;介绍了智能视频监控报警系统的关键技术和逻辑架构,以及基于该系统的分区隔离方案。结果及结论:在全自动运行区车库房内,采用物理围蔽进行分区隔离,在每个分区入库端门口处设置智能视频监控及声光报警装置;对于全自动运行区与非全自动运行区人行及车行道路,通过物理围蔽和门禁系统实施隔离,在转换轨区域通过信号系统控制的智能视频监控报警系统进行隔离。

**关键词** 城市轨道交通;全自动运行系统;车辆基地;分区隔离;智能视频监控报警系统

**中图分类号** U279.3

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2023.08.030

## Zoning and Segregation Plan for Urban Rail Transit Fully Automatic Operation System Vehicle Base

WANG Li

**Abstract** Objective: To ensure operation personal safety, it is necessary to study the isolation measures between the FAO (fully automatic operation) zone and non-FAO zone in the vehicle base of the FAO system, as well as the partitioning measures within the FAO zone. Method: The upgrade project of the vehicle base in the FAO system compared to conventional vehicle bases is introduced. The necessity of setting isolation partitions in the FAO system vehicle base and the current situation in China are analyzed. The key technologies and logical architecture of the intelligent video surveillance and alarm system, as well as the partitioning segregation plan based on this system, are described. Result & Conclusion: Within the FAO zone in the garage, physical barriers are used for partitioning and isolation, and intelligent video surveillance and audible-visual alarm devices are installed at the entrance of each partition. For pedestrian and vehicular roads between the FAO zone and the non-FAO zone, segregation is achieved through physi-

cal barriers and access control systems, and in the track transition area, isolation is achieved using an intelligent video surveillance and alarm system controlled by the signaling system.

**Key words** urban rail transit; fully automatic operation system; vehicle base; partition isolation; intelligent video surveillance and alarm system

**Author's address** Guangzhou Metro Design & Research Institute Co., Ltd., 510010, Guangzhou, China

根据国际电工协会发布的 IEC 62290-1:2014<sup>[1]</sup>,城市轨道交通 FAO(全自动运行)的 GAO(自动化等级)分为 5 个等级,其中 GAO 4(无人干预列车运行)为最高等级。FAO 系统分为 GOA3(无人驾驶列车运行)和 GOA4 两种<sup>[2]</sup>。

城市轨道交通 FAO 系统的优点包括:高度自动化,多专业系统集成度深,各系统高效联动控制,实现列车运行的全面监控及乘客服务功能;充分的冗余配置,保证运行高可用性;更加完善的安全防护功能增强对工作人员、乘客的防护,以及障碍物、应急情况下的防护;提高效率,节能减排,实现列车运行、供电、车站机电设备的综合节能优化运行;完全兼容常规驾驶模式。因此,FAO 系统是城市轨道交通技术的发展方向<sup>[3]</sup>。本文主要研究城市轨道交通 FAO 系统车辆基地分区分隔方案。

## 1 FAO 系统车辆基地功能升级项目

为确保运营效率,相较于传统车辆基地,FAO 系统车辆基地功能主要做了如下升级:

1) 设置隔离分区。全自动运行条件下,正线对列车运营控制权由车站延伸至车辆基地内的全自动运行区,该区域内的列车运行、机电设备自动化作业均由控制中心全自动控制,因此需要采取安全防护措施保证人身和车行安全<sup>[4]</sup>。而车辆基地还有部分区域属于检修功能区,是不需要被纳入全自动运行区的。因此,对车辆基地的全自动运行区和非全自动运行区,需采取物理隔离设施进行分隔。

此外,对于有试车线的车辆基地,虽然试车线一般不与全自动运行区设置到一起,但列车全自动运行动态试验是在试车线上进行的,因此也需要对其按全自动运行区进行防护,需设置单独的隔离设施。

2) 设置转换轨。列车检修时,需要从全自动运行区进入非全自动运行区,检修完成的列车也需要从非全自动运行区进入全自动运行区,这个过程中,需进行驾驶模式的转换,因此需设置转换轨,以实现列车驾驶模式的转换。

3) 增加全自动运行区内的运用库长度,且设置防护分区。为保证停车列检作业效率和作业人员人身安全,一般停车列检线按 100% 检查坑条件设置,每 2~4 根股道范围设置一个防护分区,在库内增设地下人行通道(接触网供电制式)或上跨人行天桥(接触轨供电制式)。另外,为满足 ATO(列车自动运行)控制列车自动停车的安全防护距离要求,列车尾端与车挡之间距离至少 15 m,两列列车尾车或头车车钩之间距离至少为 20 m。

## 2 FAO 系统车辆基地设置隔离分区必要性

FAO 系统车辆基地内的隔离分区一般分为两类:一类是全自动运行区和非全自动运行区之间的隔离,主要是为了防止非全自动运行区的人员非法进入全自动运行区,造成安全风险;另一类是全自动运行区内部的分区隔离,主要是为了实现列检区域与列车正常运行区域之间的分隔,确保作业人员在列检作业时的安全,并减小对列车正常运行区域的干扰。

由于车辆基地本身就有围蔽与外界进行隔离,一般的无关人员基本很难进入车辆基地内。因此,分区隔离的主要目的还是防止段内的工作人员,尤其是进入全自动运行区进行列检作业人员的误入或因图便利而违反安全管理规章制度的闯入。这些行为总体上是可控的,但仅用管理手段进行约束还是存在安全风险的。因此,对不同分区采取有效的物理隔离措施是非常必要的。同时,分区隔离措施应该是一个完整的闭环才能起到应有的作用,也才能确保车辆基地全自动运行区的安全。

## 3 国内 FAO 系统车辆基地分区隔离现状分析

笔者查阅了近年来关于国内 FAO 系统车辆基地分区隔离的研究资料及实际案例,其中主要的隔

离措施如下:

1) 全自动运行区和非全自动运行区之间的隔离措施:车辆基地内全自动运行区与非自动运行区之间、轨行区与人行区之间用金属围蔽网或栏杆隔离,并在出入口处设置门禁系统。

2) 全自动运行区内部的分区隔离措施:对于设置库门的车辆基地而言,实现封闭的分区管理比较容易,只要将库门设为电动开关门,同时将开关门的逻辑与车辆基地信号联锁系统进行联动,就能有效解决全自动运行区内部的分区隔离<sup>[5]</sup>。而对于不设置库门的车辆基地,要实现封闭的分区管理就比较困难,在入库端平过道处始终存在开口,因而就存在串区的安全隐患。

从目前笔者查阅到的研究成果来看,不设置库门的车辆基地在解决封闭分区管理问题上主要有三种方式:一是增设库门,增加库门开关与信号系统的联动;二是将分区隔离的物理围蔽延长至平过道之外;三是不增加物理隔离设施,而是通过强化管理措施,加强对进入分区人员的软性约束。这三种方式均存在一定的适用性和操作性的问题:①第一种方式对于全年炎热天气较长的南方地区而言适应性较差,因其不利于库房通风散热。同时,众多库门每天都要频繁开关,容易产生故障点。②第二种方式通过物理围蔽隔断了库外平过道,使得平过道无法发挥其作为库房消防车道的功能,不满足 GB 51298—2018《地铁设计防火标准》的要求。同时,库房外面围蔽林立,景观视觉效果也比较差。③在具体操作中,第三种方式还是存在一定的不确定性,尤其是长期来看,还是会受到执行力因素的影响。

## 4 智能视频监控报警系统

基于上述现状分析,发现对于车辆基地内分区隔离的具体措施还有进一步优化和完善的空间。尤其是对于南方地区不设置库门的车辆基地而言,研究一种既满足相关规范标准要求又适应其实际需求的分区隔离方案是十分必要的。

近年来,基于智能视频识别的监控报警技术已日益成熟,在安防领域已经得到了广泛的应用,完全可以将其应用到城市轨道交通领域。实际上,这些技术已经应用于国内的很多城市轨道交通线路上,如车站内的智能视频识别系统、列车上的视频监控系统等。在车辆基地内也完全可以考虑设置

类似的监控及报警系统,以解决实体围蔽无法进行封闭分区的问题。

4.1 智能视频监控报警系统关键技术

智能视频监控报警技术是指采用智能化的视频分析算法,利用计算机对视野范围内目标的特定行为进行分析和提取,当发现存在符合某种规则的行为(如定向运动、越界、游荡、遗留等)发生时,自动向监控系统发出提示信号,采取某种措施(如声光报警器报警)或通知监控人员进行人工干预等<sup>[6]</sup>。

智能视频监控报警系统的关键技术在于视频识别和视频分析。在车辆基地分区隔离应用中,主要利用的是智能视频周界检测和入侵检测的场景,可以采用视频监控加智能分析报警的方法对设定区域进行无缝覆盖,发现有目标侵入立即发出报警。设备采用低照度及感知型摄像机,并安装声光报警器,可以感知设定区域内突然出现和入侵的人员并及时报警。报警发生时声光报警器响起,同时后端控制中心也能准确显示报警位置和入侵者画面<sup>[6]</sup>。

4.2 智能视频监控报警系统逻辑构架

本文研究的具体思路如下:

首先,智能视频监控报警系统应与 FAO 系统联锁子系统进行联动。在信号系统中增加与智能视频监控报警系统的接口,实时监测智能视频监控报警系统的状态,并向其发送是否触发声光报警及通知监控人员的指令。

其次,通过特定功能的摄像头实现长时定位监控。在此过程中,智能视频监控报警系统要能对所采集的图像进行分析、处理,并自动判断是否报警,且能根据具体的判决条件进行后续的工作。

智能视频监控报警系统逻辑构架如图 1 所示。

5 FAO 系统车辆基地分区隔离方案设计

5.1 全自动运行区库房分区隔离方案

在全自动运行区库房内,仍采用物理围蔽进行分区隔离,在每个分区入库端门口处设置智能视频监控及声光报警装置。当列车出库时,根据派班计划,信号系统发送列车唤醒命令,同时向智能视频监控报警系统发送暂停识别指令。列车按规定动作进行准备、自检、自动运行出库。当列车回库后,SPKS(人员防护开关)被激活,同时信号系统向智能视频监控报警系统发送设定区域识别指令,启动

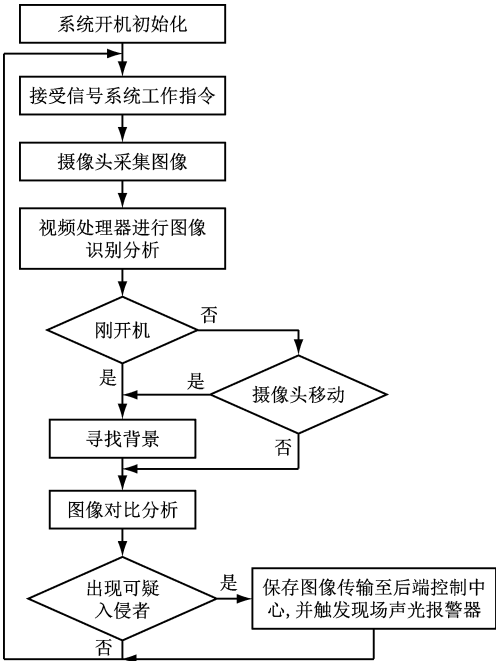


图 1 智能视频监控报警系统逻辑构架图  
Fig. 1 Logic architecture diagram of intelligent video surveillance and alarm system

摄像头图像采集和视频处理器图像识别分析工作,实现防护功能。

5.2 全自动运行区与非全自动运行区隔离方案

全自动运行区与非全自动运行区人行及车行道路是通过物理围蔽和门禁系统来实施隔离的。门禁系统的权限由 DCC(车辆基地控制中心)进行控制,不需要与信号系统进行联锁。

虽然全自动运行区与非全自动运行区之间可以通过设置转换轨实现列车驾驶模式的转换,但始终存在轨道连接,而在轨道连接区域很难设置有效的物理围蔽,因此,在转换轨区域也应通过信号系统控制的智能视频监控报警系统进行隔离。

6 结语

对于 FAO 系统的车辆基地,分区隔离是保证工作人员人身安全、确保整个车辆基地高效运营的重要措施。本文结合当前智能视频监控技术在安防领域成熟应用的条件,对分区隔离的具体实施方案进行了探讨,以期进一步提高分区隔离措施的可靠性和便利性。本文研究可为后续类似工程项目提供参考。

参考文献

[1] International Electrotechnical Commission (IEC). Railway appli-

- cations — urban guided transport management and command/control systems — part 1: system principles and fundamental concepts; IEC 62290-1; 2014[S]. Geneva: IEC, 2014.
- [2] 张艳兵,王道敏,肖衍.城市轨道交通全自动驾驶的发展与思考[J].铁道运输与经济,2015,37(9):70.
- ZHANG Yanbing, WANG Daomin, XIAO Yan. Development and thoughts on full-automatic operation of urban rail transit[J]. Railway Transport and Economy, 2015, 37(9):70.
- [3] 宁波,郇春海,李开成,等.中国城市轨道交通全自动运行系统技术及应用[J].北京交通大学学报,2019,43(1):1.
- NING Bin, GAO Chunhai, LI Kaicheng, et al. Technology and application of fully automatic operation system for urban rail transit in China[J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2019, 43(1):1.
- [4] 肖瑞金.轨道交通全自动运行车辆段设计研究[J].都市快轨交通,2018,31(1):58.
- XIAO Ruijin. Design of the metro depot for urban rail transit with fully automatic operation[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2018, 31(1):58.
- [5] 张强,张扬,刘波,等.城市轨道交通全自动驾驶列检库、洗车库的车库门安全防护方案[J].城市轨道交通研究,2018,21(1):132.
- ZHANG Qiang, ZHANG Yang, LIU Bo, et al. Safety protection scheme for FAO train checkup shed and washing garage door[J]. Urban Mass Transit, 2018, 21(1):132.
- [6] 许英.浅谈智能视频分析技术[J].数字通信世界,2016(9):17.
- XU Ying. Discussion on intelligent video analytical technology [J]. Digital Communication World, 2016(9):17.
- [7] 路向阳,李雷,雷成健,等.城市轨道交通全自动驾驶技术发展综述[J].机车电传动,2018(1):6.
- LU Xiangyang, LI Lei, LEI Chengjian, et al. A review of the development of urban railway transport full automatic operation technology[J]. Electric Drive for Locomotives, 2018(1):6.
- [8] 杨子亮.城轨交通全自动运行列车车辆段设计研究[J].现代城市轨道交通,2020(5):9.
- YANG Ziliang. Research on design of FAO train depot for urban rail transit[J]. Modern Urban Transit, 2020(5):9.
- [9] 肖培龙.全自动运行线路车辆段/停车场库门联动控制研究[J].铁路通信信号工程技术,2020,17(9):69.
- XIAO Peilong. Research on coordinated control of doors of depots/yards of fully automatic operation lines[J]. Railway Signaling & Communication Engineering, 2020, 17(9):69.
- [10] 王鹏博,张政,裴文超,等.基于全自动运行系统的车辆基地双周三月检库设计研究[J].城市轨道交通研究,2020,23(6):187.
- WANG Pengbo, ZHANG Zheng, QIU Wenchao, et al. Design research of biweekly three-month inspection warehouse in urban rail transit depot based on fully automated operating system[J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(6):187.
- [11] 骆礼伦.城市轨道交通全自动驾驶车辆段运用库的设计优化[J].城市轨道交通研究,2019,22(3):78.
- LUO Lilun. Design optimization of the application library for fully automatic driving urban rail transit depot[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(3):78.

(收稿日期:2020-12-15)

## (上接第158页)

发,将区域网络布局、城市区域规划及区域现状相结合,实现了布局方案的技术性及经济性最优化,既能为线路规划方案的科学化落地提供技术支撑,也能为其他城市局部网络化布局研究提供参考。

## 参考文献

- [1] 中国铁路设计集团有限公司.厦门市轨道交通3号线南延段工可报告[R].天津:中国铁路设计集团有限公司,2019.
- China Railway Design Corporation. Engineering feasibility report of Xiamen Rail Transit Line 3 south extension section[R]. Tianjin: China Railway Design Corporation, 2019.
- [2] 中国城市规划设计研究院.厦门市轨道交通3号线南延段工程可行性研究客流预测[R].北京:中国城市规划设计研究院,2018.
- China Academy of Urban Planning and Design. Feasibility study and passenger flow forecast of Xiamen Rail Transit Line 3 south extension project[R]. Beijing: China Academy of Urban Planning and Design, 2018.
- [3] 中国地铁工程咨询有限公司.厦门市城市轨道交通线网规划(修编)调整说明书[Z].北京:中国地铁工程咨询有限公司,2017.
- China Metro Engineering Consulting Co., Ltd. Report on Xiamen urban rail transit line network planning adjustment (revised)[Z]. Beijing: China Metro Engineering Consulting Co., Ltd., 2017.
- [4] 王婉莹.城市道路网与轨道交通线网形态的关系研究[J].铁道工程学报,2017,34(2):81.
- WANG Wanying. Research on the relationship between urban road network and rail transit line network[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2017, 34(2):81.

(收稿日期:2020-09-04)