

全自动驾驶车辆基地列检作业联锁方案研究^{*}

杨朋朋

(中铁一院兰州铁道设计院有限公司, 730030, 兰州)

摘要 [目的] 不同于传统人工驾驶车辆基地内信号控制权属划分,全自动驾驶条件下,电客车进入车辆基地无人区信号控制均由运营控制中心完成。为了实现全自动驾驶条件下运维无纸化、数字化,需对人员防护系统开关箱进行方案改造设计,结合地铁车辆基地多系统、接口复杂的特点,对人员防护系统与其他系统的联锁条件也进行了方案设计,以实现电客车驶入车辆基地自动驾驶区内从车辆入库至列检完成的全过程逻辑控制。[方法] 结合全自动驾驶运营场景,对停车列检库检修分区划分、检修作业人员防护系统联锁逻辑、列检作业人员走行轨迹以及与安全连锁系统、高压防护系统等联锁控制进行方案设计。[结果及结论] 为此,根据人员防护系统功能特点,对人员防护系统开关箱进行智能化改造,增加行程开关、限位开关,以完成人员防护开关与检修流程及车辆信号的联锁控制;通过检修走行路径规划,结合智能门禁系统设置情况,完成智能发卡柜的平面布置,实现与人员防护系统的逻辑联锁控制;通过人员防护系统与五防系统间防护区域及防护权限任务的划分,完成两系统间的逻辑控制方案设计。

关键词 城市轨道交通; 车辆基地; 全自动驾驶; 检修分区; 人员防护系统; 逻辑控制

中图分类号 U279.3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.10.039

Interlocking Scheme for Inspection Operations in FAO Vehicle Base

YANG Pengpeng

(FSDI Lanzhou Railway Design Institute Co., Ltd., 730030, Lanzhou, China)

Abstract [Objective] Unlike traditional signal control ownership with manual operation vehicle bases, under FAO (fully automatic operation) conditions, signal control for unmanned zones in the vehicle base during vehicle entry is entirely managed by OCC (operations control center). To achieve paperless and digitalized operation-maintenance under FAO conditions, it is necessary to redesign the personnel protection system switch box scheme. Considering the characteristics of multi-system and complex interfaces in metro vehicle base,

scheme design is also carried out for interlocking conditions between personnel protection system with other systems, to achieve full-process logical control from vehicle entering vehicle base automated operation zone, to entering garage, until inspection completion. [Method] Based on FAO operational scenarios, scheme design is carried out for the interlocking control concerning maintenance zoning in parking inspection garage, the interlocking logic of maintenance personnel protection system, the train inspection personnel trajectory and safety interlocking system, high-voltage protection system. [Result & Conclusion] According to the functional characteristics of the personnel protection system, the system switch box is intelligently transformed, adding travel switches and limit switches to complete the interlocking control of personnel protection switches, maintenance processes, and vehicle signals. By planning the maintenance personnel trajectory and setting up intelligent access control system, the layout of intelligent card issuance cabinets is completed to achieve logic interlocking control with the personnel protection system. Through the division of protection areas and protection authority tasks between the personnel protection system and the 'five prevention' system, a logic control scheme design is completed between the two systems.

Key words urban rail transit; vehicle base; FAO; maintenance zoning; personnel protection system; logic control

FAO(全自动运行)是目前自动化程度最高的列车运行系统,是城市轨道交通领域发展的必然趋势^[1]。车辆基地是保障车辆正线运行的“4S店”。全自动驾驶运行系统是以行车组织为核心,集合信号、通信、信息、综合监控、车辆多系统融合的FAO系统,利用通信、计算机、控制和系统集成等技术,实现列车运行全过程自动化^[2-3]。

1 全自动驾驶车辆基地功能

国内大多数全自动驾驶车辆基地车辆日常检

^{*} 兰州铁道设计院有限公司科研项目(院科 2024-02, 2024YJ86N)

修作业主要通过人员互控、视频监控、呼叫应答等方式进行。其效率较低且存在一定的安全风险。现以停车列检库为例,结合全自动运行对运营场景的需求,研究人员防护开关与信号、安全监控、车辆检修运维及门禁等设备联动控制的设计要点,为后续全自动驾驶相关项目提供参考。

全自动驾驶车辆基地划分为全自动驾驶区和非全自动驾驶区^[4]。与人工驾驶车辆基地相比,其主要功能存在如下变化。

1.1 新增功能

1) 自动驾驶区车辆均由 OCC(运营控制中心)控制,由信号系统实现列车的启动、自检、自动运行及休眠等功能。

2) 不同区域采用栅栏隔断,以防止人员误入。

3) 出入自动驾驶区需获取 OCC 授权。

4) 停车列检库按 2~3 股道为 1 个防护分区。

5) 停车列检库不同分区间采用物理隔离。

6) 新增人员防护系统开关箱,具体设置位置可根据全自动驾驶运营场景需求及运营习惯进行定制化设计。

7) 新增列车清洗机与信号系统的接口,实现全自动洗车功能。

8) 新增试车线来进行全自动无人驾驶测试,包括列车休眠、唤醒、对位停车、自动开关门、列车自动换端等^[5]。

1.2 增强功能

1) 车辆收发车计划可直接从行车自动化系统读取。

2) 增强无人区火灾报警系统、视频监控、平交道口防护等功能,并增加各系统的联动功能。

3) 自动驾驶区库门自动控制,并与信号系统联动。

2 人员防护系统开关箱方案设计

停车列检库通常将股道分成若干个检修分区,每个分区包含 2~3 条股道。为了保证检修人员在检修分区作业时的安全,每个检修分区设置有 1 个人员防护系统开关,并与行车信号系统相连。当人员防护系统开关激活时,行车信号系统不允许对应检修分区进出车辆。

2.1 原人员防护系统

全自动驾驶条件下,OCC 在车辆基地控制中心(DCC)内设置行车调度中心。人员防护系统开关

箱设置在 DCC 内或者靠近检修分区,开关箱内主要包含:内箱,人员防护系统开关,若干带钥匙小锁,配电端子等。

原人员防护系统作业流程如下:首批作业人员请点后,领取人员防护系统开关箱钥匙;打开箱体后将人员防护系统开关旋转至激活位,扣好内箱插栓,将小锁锁到插栓上,取出门禁卡,同时带走小锁钥匙;然后,使用门禁卡刷卡进入无人区作业。后续作业人员到达人员防护系统开关箱处,打开人员防护系统外箱,确认人员防护系统开关已激活且内箱已挂锁,则需另取单独小锁,并锁到插栓上,同时取出门禁卡并带走小锁钥匙。

作业人员作业完毕,回到人员防护系统开关箱处,打开外箱,若此时有 2 把以上的小锁锁在插栓上,则只需要解下本批作业人员对应的小锁,将小锁放好并锁上外箱;若仅剩下 1 把小锁,则解下小锁后,将人员防护系统开关旋转至非激活位,将门禁卡、小锁归整至原处并锁上外箱。

2.2 人员防护系统改造方案

为了满足全自动驾驶条件下列检作业的无人化、智能化,需要对人员防护系统开关箱进行改造。改造方案如下:在人员防护系统开关箱内箱增加电磁锁及行程限位开关。电磁锁用于锁闭人员防护系统开关箱内箱门,电磁锁需与信号系统、门禁系统及作业计划系统等进行联锁;行程限位开关用于获取人员防护系统开关箱内箱门闭合状态信息。

改造方案取消了箱内机械挂锁,采用电磁锁及行程开关的开闭信号判断开关箱状态;开关箱电磁锁开闭与智能发卡柜、作业计划管理系统、门禁系统及五防设备(防止 5 种人为误操作的电气防护装置)进行联锁。

人员防护系统开关箱设置在库位靠近检修分区门禁处,考虑人员操作方便,采用立柱将箱体支撑,立柱末端采用膨胀螺栓固定于地面上(见图 1、图 2 所示)。



图 1 装在立柱上的人员防护系统开关箱

Fig. 1 Personnel protection system switch box installed on standing pole



图 2 打开的人员防护系统开关箱

Fig. 2 Open state of personnel protection system switch box

3 人员防护系统联锁方案设计

人员防护系统是保障检修分区区域内人员安全的重要设备,人员防护系统的激活与关闭需与信号、门禁、五防设备、智能发卡柜及作业计划管理系统等进行联锁,由于不同系统设备的所属权限不同,因此在设计阶段需提前预留各系统设备间接口,便于后期安装。

3.1 人员防护系统与智能发卡柜联锁方案

智能发卡柜主要放置自动驾驶区门禁卡、防护分区人员防护系统钥匙等,也可根据当地运营要求对智能发卡柜进行扩容,存放五防锁钥匙、检修智能手持终端等物件。

智能发卡柜收卡、发卡需与人员防护系统进行联锁,联锁方案流程图设计见图 3。

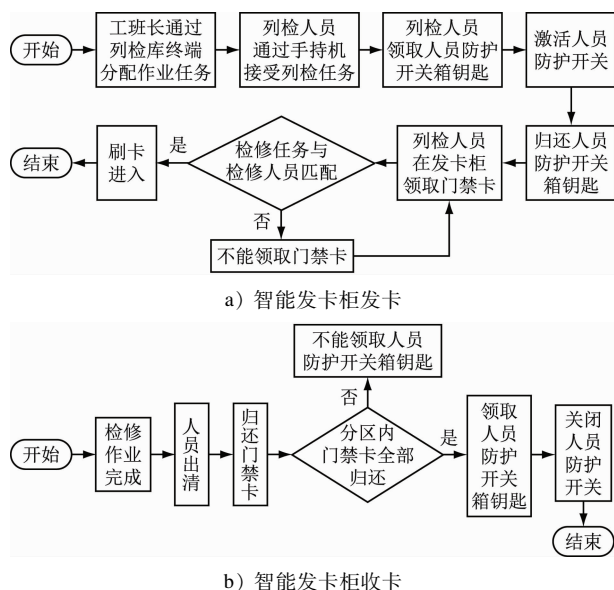


图 3 智能发卡柜联锁方案流程图

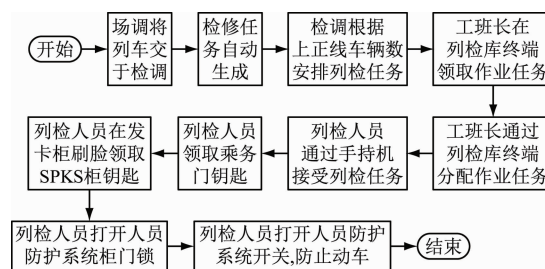
Fig. 3 Flow chart of intelligent card issuance cabinet interlocking scheme

智能发卡柜获取车辆休眠信号,读取人员防护系统开关箱电磁锁及行程限位开关、闭锁信号,

根据智能发卡柜门禁卡、人员防护系统开关箱钥匙是否归还到位,电磁锁闭合状态以及行程开关在线状态是否闭合来综合判断检修分区内有无检修人员滞留;当分区内门禁卡未全部归还或行程限位开关、电磁锁未锁闭,均无法领取或归还人员防护系统开关箱钥匙。

3.2 人员防护系统与作业计划管理系统联锁

作业计划管理系统由作业手持终端、班组电脑、车号识别设备、停车列检库内无线网络等组成,主要实现检修作业智能化、无纸化生成和派发及检修故障自动提报等功能,检修作业任务开始、结束需与人员防护系统进行联锁。联锁方案流程图设计如图 4 所示。



注:SPKS—人员防护开关。

图 4 作业计划管理系统联锁方案流程图

Fig. 4 Flow chart of operation plan management system interlocking scheme

作业计划管理系统读取各分区人员防护系统的闭锁信号,确认人员防护开关未开启、箱体电磁锁已锁闭、行程限位开关确保锁闭到位,则分区检修作业计划就可下发至检修班组;检修人员通过手持终端领取检修任务,随后在智能发卡柜领取对应检修分区人员防护系统开关箱钥匙,待检修人员激活人员防护系统开关,可刷卡进入对应检修分区。

3.3 人员防护系统与门禁系统联锁

门禁系统主要由物理栅栏门、门禁、防尾随设备、分区无人显示屏、闭锁检测装置、门禁故障指示灯、破碎装置、控制设备及 UPS(不间断电源)等组成。

为确保检修分区内人员安全,电客车在出入库过程中门禁卡不可领取,检修分区内无作业时检修门禁无法打开。门禁联锁方案流程图设计如图 5 所示。

3.4 人员防护系统与五防设备联锁

五防是电气防误装置防止人为误操作的一种技术措施^[6]。受电弓检修平台区域执行五防的主要设备包含门禁、监控装置、专用网络等,受电弓检

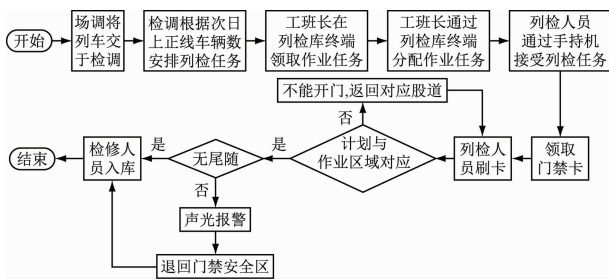


图5 门禁联锁方案流程图

Fig. 5 Flow chart of access control interlocking scheme

修平台位于列检分区内,因此进入检修平台需先进入列检分区。五防联锁方案流程图设计如图6所示。

4 结语

结合工程实施条件,对人员防护系统与智能发卡柜、作业计划管理系统、门禁系统及五防设备间的联锁方案进行方案设计,为了实现流程的智能化、数字化,对人员防护系统中开关箱进行适应性改造。改造方案已在南宁某全自动驾驶线路中得

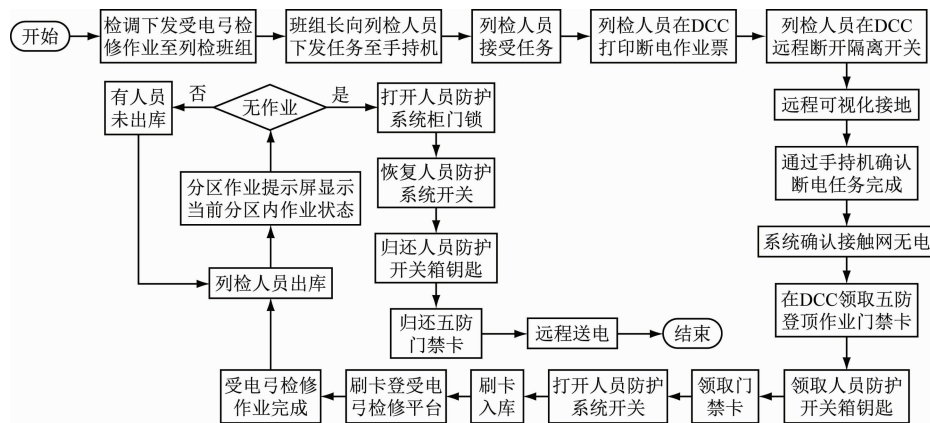


图6 五防联锁方案流程图

Fig. 6 Flow chart of interlocking scheme for five electric application prevention

到应用,目前已经成为轨旁作业人员进行安全防护的重要手段。改造方案可为后续全自动运行城市轨道交通线路的人员防护系统设置提供参考。

参考文献

- [1] 彭懿. 列车自动驾驶系统休眠唤醒子系统可靠性研究[D]. 南京:南京理工大学,2020.
PENG Yi. Research on the reliability of the sleep-wake subsystem of the train fully automatic driving system [D]. Nanjing :Nanjing University of Science and Technology, 2020.
- [2] 宋哈炜. 基于设备状态信息的FAO系统运行风险态势评估[D]. 北京:北京交通大学,2021.
SONG Hanwei. Risk situation assessment of FAO system operation based on equipment status[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2021.
- [3] IEC. Railway applications-Urban guided transport management and command/control systems-Part 1:system principles and fundamental concepts;IEC 62290-1;2014[S]. Geneva:IEC,2014.
- [4] 包峰,侯忠伟. 城市轨道交通全自动运行系统运营场景分析[J]. 信息技术与信息化,2018(5):189.
- BAO Feng, HOU Zhongwei. Analysis of operation scenarios of urban rail transit automatic operation system[J]. Information Technology and Informatization, 2018(5):189.
- [5] 徐德培,史时喜,杨子亮. 城市轨道交通全自动驾驶车辆基地创新研究[J]. 城市轨道交通研究,2021,24(10):141.
XU Depei, SHI Shixi, YANG Ziliang. Innovation studies on urban rail transit fully automatic driving vehicle base[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(10):141.
- [6] 叶炎锋. 变电站在线式五防技术研究与应用[D]. 广州:华南理工大学,2013.
YE Yanfeng. Research and application of on-line five-prevention system in substation [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2013.

· 收稿日期:2022-06-13 修回日期:2022-08-15 出版日期:2024-10-10

Received:2022-06-13 Revised:2022-08-15 Published:2024-10-10

· 通信作者:杨朋朋,工程师,1083904386@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