

全自动车辆基地停车列检库检修通道设计研究

韩志彬¹ 张 政² 王鹏博¹

(1. 北京城建设计发展集团股份有限公司, 100037, 北京; 2. 武汉地铁集团有限公司, 430030, 武汉 // 第一作者, 工程师)

摘 要 城市轨道交通车辆基地作为保障列车安全运营的后勤维保中心, 为使车辆的出入能力与正线运营计划相匹配, 应采用新技术来提高车辆基地的自动化水平。停车列检库布置于全自动车辆基地的自动运行区, 其库内设计方案是否合理, 将对运营管理产生较大影响。以全自动运行模式下停车列检库内检修通道的设计为切入点, 对检修通道的设计方案及通道出入口位置等进行分析和研究, 为全自动车辆基地停车列检库的设计提供参考。

关键词 城市轨道交通; 全自动车辆基地; 停车列检库; 检修通道设计

中图分类号 U279.3; U231

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.03.025

Study on Design of Train Inspection Garage Maintenance Passage of Fully Automated Vehicle Depot

HAN Zhibin, ZHANG Zheng, WANG Pengbo

Abstract Urban rail transit vehicle depot is the logistics maintenance center ensuring train safe operation. By adopting new technologies to improve automation level, the depot is equipped with vehicle entry/exit capacity matching main line operation plan. Train inspection garage belongs to the automatic operation area of fully automated vehicle depot, and the rationality of garage design will have a noticeable impact on operation management. Taking the design of train inspection garage maintenance passage in FAO (fully automatic operation) mode as the first step, the maintenance passage design scheme and the position of passage entry/exit are analyzed and studied, providing reference for the design of train inspection garage of fully automated depot.

Key words urban rail transit; fully automated vehicle depot; train inspection garage; maintenance passage design

First-author's address Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., 100037, Beijing, China

全自动运行系统作为新一代城市轨道交通模式, 在国内已得到大力推广。车辆基地作为城市轨

道交通的重要组成部分, 也有必要提高其自动化水平。本文对城市轨道交通全自动车辆基地(以下简称为“全自动车辆基地”)停车列检库的设计要点进行探讨, 为今后自动化车辆基地的设计提供参考。

1 全自动车辆基地的特点

全自动车辆基地按功能划分成自动运行区和非自动运行区(如图1所示)。其将正线对列车的运营控制权由车站延伸到场段的自动运行区, 以控制列车运行及排列进路等^[1], 提高车辆的利用率和行车的自动化水平。自动运行区与非自动运行区之间通过隔离网、栅栏门等设施进行物理隔离^[2]。栅栏门设有门禁系统, 以保证人员和列车运行安全。列车在自动运行区与非自动运行区之间的转换轨处进行运行模式切换。自动运行区包括停车列检库、洗车库、咽喉区和出入段线等。停车列检库作为自动运行区的重要组成部分, 用于列车停放、列检和车内保洁等。它对场段的收发车作业、检修效率及安全管理影响较大。自动运行区的停车列检库与常规停车列检库存在诸多差异。其库内设若干防护分区并设有供人员通行的检修通道等, 通道门设置门禁系统, 以方便对人员进行管理。

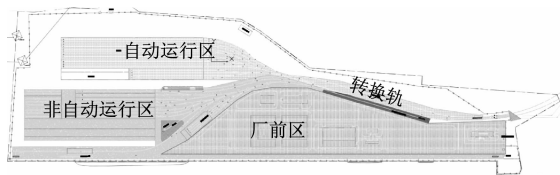


图1 全自动车辆基地分区示意图

Fig.1 Zoning diagram of fully automated vehicle depot

2 全自动车辆基地停车列检库与常规停车列检库的差异

2.1 设计方案的差异

全自动车辆基地停车列检库与常规停车列检库的设计差异主要体现在运用管理方式、库房长

度、列车安全防护距离、防护分区、检修通道和检查坑的设置等。

常规停车列检库属于DCC(车辆基地控制中心)管理。其库内人员可方便到达任意位置,且库内检查坑数量为常规停车列检股道的50%。

全自动车辆基地停车列检库布置于自动运行区,库内划分防护分区并设有通往各分区的检修通道,通道出口设置门禁^[3],以保证人员进出安全。其库后隔离网对应每个分区设有栅栏门,主要供手推车、移动式清扫车进出防护分区用。栅栏门设置门禁,且通常处于锁闭状态^[4-5]。

每天城市轨道交通车辆运营结束后留给车辆检修的时间较短,为方便检修、提高作业效率和减少调车作业,全自动车辆基地停车列检库内所有股道均设立柱式检查坑^[6]。股道长度除满足检修工艺需求外,还要满足信号防护及列车间安全距离要求。库房长度通常在常规设计基础上增加20~30 m,前后列车间的安全距离一般不小于20 m,库尾列车端部距车挡的安全距离不小于15 m^[7]。

2.2 进出库流程的差异

常规车辆基地的运用车从正线进入车辆基地时,需要在出入段线与段内站场线路之间停车或减速慢行,以便进行正线和基地内管理权的移交;列车按照计算机联锁设备和信号机的状态信息进入停车列检库,列车入库后需要司机手动停车。列车从库内进入正线流程与之相反。进行列检作业时,DCC确认作业股道断电及安全接地后,可允许检修人员进行作业。

全自动车辆基地的运用车从正线进入停车列检库时,不需要停车进行管理权的移交,便可直接进入库内;列车入库后自动停车,无需司机参与,提高了行车自动化水平。列车出库流程则与之相反。白天退出高峰运营的列车返回停车列检库时,优先选择一个防护分区停车,当停满后可停放在下一个防护分区;晚上结束运营的列车回库时,也先集中停放在一个防护分区,停满后依次停放在其他分区^[8]。作业人员按列检管理规程进入目标分区并进行检修作业。检修人员进出库管理流程如图2所示。

3 全自动车辆基地停车列检库设计研究

在设计全自动车辆基地停车列检库时,需考虑列车间的安全防护距离,以保证人员安全和不影响

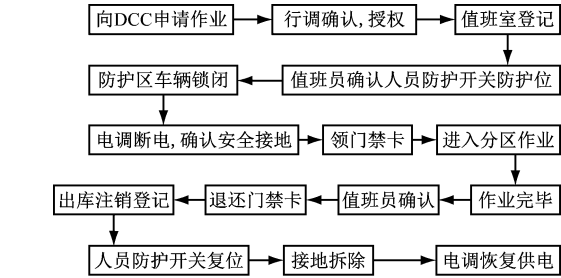


图2 全自动车辆基地检修人员进出库管理流程
Fig. 2 Process of maintenance personnel garage access management in fully automated vehicle depot

收发车作业等。停车列检库库内设置检修通道及出入口,出入口设置门禁。信号系统为各防护分区设计逻辑关系并提供隔离功能。当门禁处于激活状态时,通过信号系统封锁目标分区,将分区进路锁闭,禁止分区内收发车和调车作业,作业人员通过检修通道进入目标分区。

3.1 库内防护分区设计

为不影响停车列检库内列车运行和保证检修作业时人员与设备安全,将库内股道划为若干防护分区,分区之间通过隔离网进行物理分隔,每个防护分区内有2~3股道。当某一分区有人作业时,不影响其他分区的列车运行,以提高运营灵活性。

若库内股道为1线2列位或1线3列位时,则在库中列车间地面位置设置中通道,分区之间通过隔离网和栅栏门进行分隔。中通道的库门和栅栏门设置门禁,通常处于锁闭状态,当有机动车或消防车等车辆通行或发生紧急情况时,释放门禁权限,使之处于激活状态,便可打开用于通行。中通道设置如图3所示。

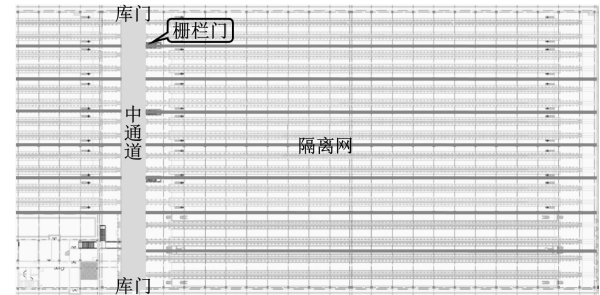


图3 列检库内中通道设置示意图
Fig. 3 Schematic diagram of middle passage setting in inspection garage

3.2 库内检修通道设计方案

3.2.1 检修通道位置选择

根据停车列检库设计规模及方案不同,库内检

修通道可以设置在库前、库中或者库前与库中同时设置。通过贯通全库的检修通道和库后通道,将库内各防护分区联通起来,并在各分区通道出口位置设置门禁,清扫、列检及司机等人员在目标分区通道入口处刷门禁卡,门禁系统被激活后,人员可到达目标分区。

若库内股道为 1 线 3 列位,则检修通道可设置在库门内平过道和列车之间的位置;若库内股道为 1 线 2 列位,则检修通道可设置在库门内平过道或库中位置;若库内股道为 1 线 1 列位,则检修通道可设置在库门内平过道或不设检修通道。如某城市全自动车辆基地停车列检库为单列位库,库内未设检修通道,作业人员可通过库后平交道对应的目标分区栅栏门进入作业区域。

关于检修通道的位置选择,以库内 1 线 2 列位为例,对检修通道设置在库门内平过道和库中位置 2 种方案进行分析。按照检修作业人员均从检修通道进出的原则考虑,若检修通道设于库门内平过道位置,则作业人员检修库尾列车时,一个来回要走 4 个车长,故走行距离较长、作业效率较低;若检修通道设于库中位置,距两端列车距离相等,则检修列车时,一个来回作业人员至多走 2 个车长,故走行时间短、作业效率较高。

根据国内已建成运营及在建全自动场段的实际情况,停车列检库内股道大多数按 1 线 2 列位设计,检修通道通常设在库中位置。根据北京地铁燕房线阎村北停车场停车列检库辅助用房的设计布局,库内地下检修通道设置在库门内平过道位置^[9];武汉、成都和南宁等城市的城市轨道交通车辆基地库内检修通道均设置在库中位置。经综合分析,建议结合辅助用房条件尽量将检修通道设于库中位置,以方便清扫和检修等人员作业。

3.2.2 检修通道设计

全自动车辆基地的停车列检库检修通道形式按照车辆受电方式不同可采取不同的设计方案。采用接触轨供电的城市轨道交通车辆基地,其检修通道可考虑设置在库内轨道上方(即天桥形式,见图 4),也可设置在轨道下方(即地下通道形式,见图 5);采用接触网供电的城市轨道交通车辆基地,为避免触电危险和考虑作业人员的安全,其检修通道通常设置为地下形式。

北京地铁燕房线为全自动运行线路,其自动控制等级按照 GoA4(无人值守的列车自动运行)设

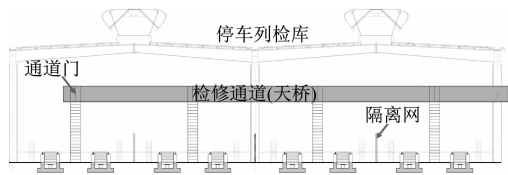


图 4 天桥形式的检修通道示意图

Fig. 4 Schematic diagram of flyover-type maintenance passage

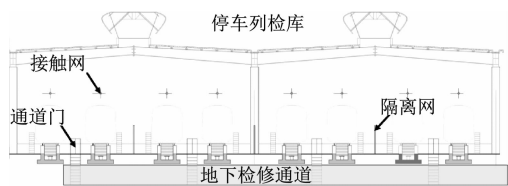


图 5 地下检修通道示意图

Fig. 5 Schematic diagram of underground maintenance passage

计;采用 B 型车和接触轨供电,初、近期为 4 节编组,远期为 6 节编组;设置阎村北停车场 1 座。阎村北停车场停车列检库内股道为 1 线 2 列位,检修通道设计为地下形式,设置于入库门内平过道位置,对应每个防护分区均有出入口。阎村北停车场库内地下检修通道出入口如图 6 所示。该设计方案优点是库房高度按常规库房设计即可满足运用需求;不足之处是地下通道光线较暗,通道内未设置通风设施故通风效果不良,且要考虑防渗水和排水问题,通行环境相对较差。



图 6 北京地铁燕房线阎村北停车场地下检修通道出入口

Fig. 6 Underground maintenance passage entry/exit of Beijing Metro Yanfang Line Yancun north parking yard

武汉地铁某全自动线路的列车为 6 节编组、A 型车,车辆采用接触轨供电,停车列检库内设置 10 股道,每股道 2 列位,其检修通道设计形式为横穿库

区的天桥形式(见图7),对应每个防护分区设置有通向地面的楼梯。该设计方案优点是施工难度较小,可改善工作视野,利于作业人员身心健康;不足之处是库房设计高度较高。



图7 武汉地铁某全自动车辆段停车列检库内天桥通道实景图

Fig. 7 Photo of flyover passage inside train inspection garage of certain automated vehicle depot in Wuhan

具体是采用地下通道形式还是天桥的形式,需要结合各城市地铁车辆基地的具体情况,并结合经济性因素等综合确定。

3.2.3 检修通道出入口设计

以停车列检库内每2股道为一个防护分区的地下检修通道为例,对分区通道出入口的设计方案进行研究。检修作业人员通常从辅助用房值班室进入检修通道,通过地下通道出入口进入各作业分区。经分析,库内地下通道出入口位置有以下3种设计方案。

方案1:通道出入口设置在防护分区内的两股道中间位置,每个防护分区对应一个通道出入口,如图8所示。其优点是方便管理、安全性高,作业人员从出入口进入作业分区后,方便到任一股道进行作业;缺点是通道出入口位置与两侧检查坑之间的通道较窄,宽度为675 mm,不方便人员通行,且该方案占用了两股道之间的宽通道,库内手推车和移动式清扫作业车等设备只能通过两股道侧边通道通行。



图8 库内地下通道出入口方案1

Fig. 8 Scheme 1 of underground passage entry/exit inside garage

方案2:通道出入口设置在防护分区内一个检查坑的侧边位置,每个防护分区对应一个通道出入口,如图9所示。该方案优点是方便管理,通道出入口不占用两股道之间的宽通道,方便人员及设备通行;缺点是通道出入口与检查坑之间的宽度仅有430 mm左右,严重影响人员在库内通行,且检查坑下部结构基础、立柱下方承台与通道结构基础为不同结构形式,通道宽度受检查坑下部结构和立柱承台间的距离限制较大,工程实施难度大。若在该位置设检修通道,立柱承台标高需降低处理,同时检修通道要避免让检查坑下部结构,且通道出入口相对另一股道距离稍远,在工程设计中不建议采用该方案。



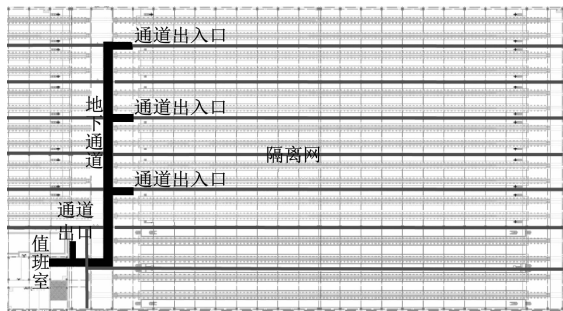
图9 库内地下通道出入口方案2

Fig. 9 Scheme 2 of underground passage entry/exit inside garage

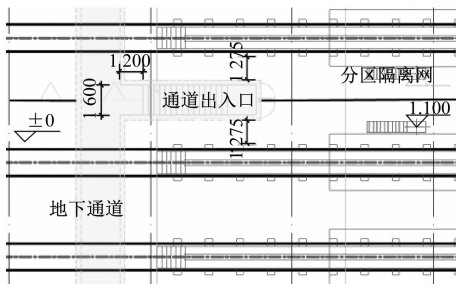
方案3:通道出入口设置在两个防护分区之间,且两个防护分区共用一个通道出入口,对应每个分区栅栏门设置门禁,如图10所示。该方案优点是通道出入口可设置成净宽达1 600 mm的宽通道,通道与检查坑的净宽可达1 275 mm,且不占用两股道之间的宽通道,极大地方便了人员及设备的通行,可改善作业环境、减少土建规模、节省工程投资,通道结构与检查坑基础及结构柱承台不冲突;缺点是通道出入口数量相对较少,出入口处每侧门禁需与对应防护分区安全联锁,以保证门禁卡只对申请进入的目标防护分区有效。该方案综合优势较为明显,可考虑采用。

4 结语

全自动车辆基地停车列检库布置于自动运行区,其与常规停车列检库在库房长度、安全防护和检修管理流程等方面存在诸多差异。本文对库内检修管理流程进行了分析,同时,对库内防护分区设计、检修通道的位置选择、地下通道与天桥形式和



a) 地下通道出入口方案 3



注:标高单位为 m,其余尺寸单位为 mm。

b) 出入口位置详图

图 10 库内地下通道出入口方案 3

Fig. 10 Scheme 3 of underground passage entry/exit inside garage

检修通道出入口方案等分别进行了分析和研究,以使停列车检修库的设计方案更符合运用需求。

参考文献

- [1] 城市轨道交通全自动运行系统与安全监控北京市重点实验室,城市轨道交通列车通信与运行控制国家工程实验室. 城市轨道交通全自动运行系统运营指南[Z]. 北京:城市轨道交通全自动运行系统与安全监控北京市重点实验室,城市轨道交通列车通信与运行控制国家工程实验室,2019.
Beijing Key Laboratory of Fully Automatic Operation and Safety Monitoring for Urban Rail Transit, The National Engineering Laboratory of Urban Rail Transit Communication and Operation Control. Operation guide for fully automatic operation system of urban rail transit[Z]. Beijing: Beijing Key Laboratory of Fully Automatic Operation and Safety Monitoring for Urban Rail Transit, The Na-

tional Engineering Laboratory of Urban Rail Transit Communication and Operation Control, 2019.

- [2] 郭泽阔. 全自动驾驶车辆段总体布局方案设计[J]. 都市轨道交通, 2017(2):43.
GUO Zekuo. Overall depot layout for fully automatic operation in urban rail transit[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2017(2):43.
- [3] 张明. 全自动运行地铁车辆基地工艺设计研究[J]. 现代城市轨道交通, 2018(5):42.
ZHANG Ming. Study on fully automated operation metro depot process design[J]. Modern Urban Rail Transit, 2018(5):42.
- [4] 肖瑞金. 轨道交通全自动车辆段设计研究[J]. 都市轨道交通, 2018(1):59.
XIAO Ruijin. Design of the metro depot for urban rail transit with fully automatic operation[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2018(1):59.
- [5] 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(10):2.
ZHANG Rongguo, FENG Kai. Research on process design of operation depot in base for the vehicle in fully automatic driving mode[J]. Railway Standard Design, 2019(10):2.
- [6] 徐彪. 浅析全自动无人驾驶对地铁车辆基地设计的影响[J]. 科技与创新, 2015(5):15.
XU Biao. Analysis of the impact of automatic driverless metro vehicle base design[J]. Science and Technology & Innovation, 2015(5):15.
- [7] 王亚丽. 基于全自动驾驶技术的南京地铁7号线高架车辆段设计[J]. 城市轨道交通研究, 2018(10):143.
WANG Yali. Design of the elevated depot for Nanjing Metro Line 7 based on fully automatic operation[J]. Urban Mass Transit, 2018(10):143.
- [8] 李宜芳. 全自动无人驾驶车辆段设计[J]. 市政技术, 2015(增刊2):62.
LI Yifang. Design of fully automatic driverless car depot[J]. Municipal Engineering Technology, 2015(S2):62.
- [9] 任菲. 全自动驾驶地铁车辆检修基地工艺设计研究[J]. 科技创新与应用, 2016(10):45.
REN Fei. Research on fully automated operation metro vehicle maintenance depot process design[J]. Technology Innovation and Application, 2016(10):45.

(收稿日期:2020-04-16)

欢迎投稿《城市轨道交通研究》

投稿网址:tougao. umt1998. com