

# 基于全自动运行系统的车辆基地 双周三月检库设计研究

王鹏博<sup>1</sup> 张 政<sup>2</sup> 裘文超<sup>3</sup> 韩志彬<sup>1</sup>

(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;  
3. 宁波市轨道交通集团有限公司, 315101, 宁波//第一作者, 工程师)

**摘 要** 全自动运行技术可以提升城市轨道交通运行系统的安全与效率,提高系统的可靠性、安全性、可用性、可维护性。车辆基地是城市轨道交通的重要组成部分,从提高车辆基地全自动运行水平的角度出发,分析了基于全自动运行系统车辆基地的自动化分区原则。针对车辆基地内双周三月检库的功能需求、技术特点,比较了双周三月检库作为自动运行区和非自动运行区的优缺点,提出了基于全自动运行系统的车辆基地双周三月检库的分区建议和技术要求。

**关键词** 城市轨道交通; 车辆基地; 双周三月检; 全自动运行

**中图分类号** U279.3

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2020.06.046

## Design Research of Biweekly Three-month Inspection Warehouse in Urban Rail Transit Depot Based on Fully Automated Operating System

WANG Pengbo, ZHANG Zheng, QIU Wenchao, HAN Zhibin

**Abstract** Fully automatic operation technology can effectively improve the operational performance, in terms of efficiency, reliability, safety, feasibility, maintainability of urban rail transit system. The depot is an indispensable composition of urban rail transit. From the perspective of improving the fully automatic operation level of the depot, the automatic sectioning principles of the depot based on fully automatic operation system were analyzed. Focusing on the functional requirements and technical characteristics of biweekly and 3-month inspection warehouse in the depot, the advantages and disadvantages of the biweekly and 3-month inspection warehouse functioning as automatic operation area and non-automatic operation area were compared, the advice for sectioning and technical requirements of the biweekly and 3-month inspection warehouse in the depot based on fully automatic operation system were proposed.

**Key words** urban rail transit; depot; biweekly and three-month inspection; fully automatic operation

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

随着国内城市轨道交通快速发展,采用技术先进、性能稳定、效率优先的全自动运行(FAO)系统已成为城市轨道交通建设的迫切需求。全自动运行系统可进一步提升城市轨道交通系统的安全、效率,进一步提高系统的可靠性、安全性、可用性、可维护性,提升运营应急处置水平,提升系统自动化水平,降低人员劳动强度<sup>[1]</sup>。

常规城市轨道交通车辆基地内一般采用计算机联锁设备单独控制,不配备列车自动防护/列车自动运行(ATP/ATO)设备,列车自动监控(ATS)设备对车辆基地作业仅作监视。车辆基地内设置调车信号机,所有作业均为调车作业;驾驶模式采用限制人工驾驶(RM)或非限制人工驾驶(NRM)模式;司机以地面信号机显示作为行车凭证,人工保证行车安全。车辆基地内每天需要进行大量的列车进出作业,办理完调车进路后,列车运行安全完全人工来保证。这种方式运行效率不高,调度员、司机工作量大,存在操作失误导致闯信号机等安全隐患。

FAO系统下的正线CBTC(基于通信的列车控制)系统应延伸到车辆基地,在车辆基地配置独立的区域控制器(ZC)设备、计算机联锁(CI)设备、ATS设备及车载ATP/ATO设备,与正线设置的数据存储单元(DSU)设备共同组成完整的ATC(列车自动控制)系统,纳入正线一体化管理,在全自动运行区域实现车辆自动运行。全自动运行车辆基地意义主要在于:在全自动运行区域的列车由ATP防护行车安全;列车可采用ATO驾驶模式进出车辆基

地,降低调度员、司机的劳动强度;车辆基地作业可采用车辆基地本地控制,也可纳入到控制中心控制,实现全线由控制中心统一管理<sup>[2]</sup>。

### 1 车辆基地全自动分区分析

将运营控制中心(OCC)对列车的管理范围从正线延伸到车辆基地全自动运行区域,通过OCC控制列车运行,可以降低人为误操作,保证作业人员安全,提高车辆利用率<sup>[3]</sup>。但并非所有区域均需设置为全自动运行区域,如车辆各级检修需要较多人员参与的作业区域,则不应采用自动运行方式。列车收发车作业、出退勤作业、洗车作业采用自动运行方式有利于提高作业效率且有利于实现安全防护。即:车辆检修作业适宜采用非自动运行方式,车辆运用作业适宜采用自动运行方式。

根据车辆的运用检修作业特点,车辆基地可划分为自动运行区、非自动运行区2个分区,当列车需要在2个分区间交替运行时,就需要各区域能够在2种列车运行模式间进行转换,即信号转换轨<sup>[2]</sup>。以此作为全自动分区的划分原则。结合车辆基地内各种设施的功能定位、作业特点可以得知,自动运行区包含停车列检库、洗车库、出入段线、咽喉区等,非自动运行区包括吹扫库、静调库、定/临修库、大/架修库、不落轮镟库、调机工程车库及生活办公区域等<sup>[4]</sup>。但双周三月检(以下简称“周月检”)库归属于自动运行区或非自动运行区尚存在一定的争议,两种设计方案各有利弊。本文结合周月检作业内容要求、全自动运行的特点对周月检库的全自动运行分区问题进行分析。

### 2 双周三月检库技术特点分析

周月检作业的主要工作是:对车辆易损件和磨耗件进行检查及对部分部件进行清洁和润滑,对车辆的重点部件及系统进行状态检查,更换磨耗件;对自动车钩及连接管路、客室座椅、制动电阻、受电弓/受电靴、主控制器、空调单元、VVVF(调频调压)变流器、辅助电源系统、牵引电动机、齿轮箱、联轴节、空压机单元进行清洁和重点检查、检测;对车钩、客室车门等部件进行注油润滑。

根据GB 50157—2013《地铁设计规范》要求,在车辆基地设施分类中,周月检库与停车列检库、洗车库同属运用设施,不属于检修设施。由表1可知,周月检作业具有作业频率较高、检修时间较短的

特点。

表1 车辆检修修程和检修周期表

类别	检修修程	日常维修和定期检修周期指标		检修时间/d
		走行里程/(万 km)	时间间隔	
定期检修	大修	120.0	10 年	35.0
	架修	60.0	5 年	20.0
	定修	15.0	1.25 年	7.0
日常维修	三月检	3.0	3 个月	2.0
	双周检	0.5	0.5 个月	0.5
	列检	每天或两天		

采用接触轨供电的地铁线路,周月检库内不设置接触轨,列车一般采用公铁两用车推送或牵引方式入库。采用架空接触网供电的地铁线路,周月检库设置有架空接触网。周月检库一般配置周月检专用工具、静调电源柜、中高检修作业平台及其五防锁系统等设备。在车辆基地内部,周月检库既可与停车列检库合建为运用库,也可与定/临修库、大/架修库等合建为联合检修库。

### 3 周月检库全自动分区方案分析

采用接触轨供电的全自动运行线路,需采用人工驾驶公铁两用车推送或牵引列车进出周日检库。因此,周月检库应归属于非自动运行区管理,并宜与定/临修库、大/架修等合建为联合检修库,若与停车列检库合建则应与停车列检库进行物理分隔。这种情况下的车辆基地全自动运行分区如图1所示。周月检库轨道应与信号转换轨股道相连接,以保证进入周月检库作业的列车必须先于信号转换轨股道进行信号转换,完成周月检作业的列车通过信号转换轨股道转换信号后方可进入自动运行区。

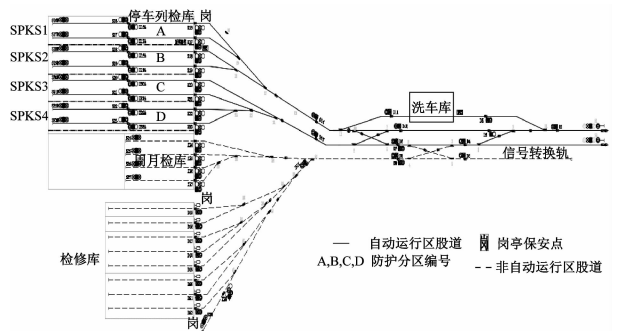


图1 周月检库按非自动运行区管理的车辆基地分区方案

按非自动运行区管理的周月检库,其设置方案、管理规程、库内作业方式与常规周月检库一致。

列车从正线或者停车列检库进入周月检库时必须先经过咽喉区运行到信号转换轨位置,司机在信号转换轨位置上车,将车辆状态设为检修模式,运行模式由自动运行模式转换为人工驾驶模式,然后人工驾驶列车进入周月检库进行周月检作业。在周月检作业完成后,由司机人工驾驶列车进入转换轨,运行模式由人工驾驶模式转换为自动运行模式,然后列车自动运行进入停车列检库,整个周月检作业完成。该过程中列车需要经过2次运行模式转换、2次换端运行,并至少经过4组道岔。

该方案的优点是,周月检库按非自动运行区管理,人员进出周月检库不需要切换人员防护开关(SPKS),避免了在周月检作业时人员长时间占用自动运行区;其缺点是,车辆频繁经转换轨进出自动运行区和非自动运行区,频繁切割咽喉区,调车作业量大,对正线干扰大,同时还需多次向OCC申请调度命令,在程序上较为繁杂。按车辆在段内调车运行要求,完成1个周月检作业至少需20 min的调车作业时间。由于调车作业时间长,也增加了车辆下线检修时间,不利于检修列车晚高峰重新上线,降低了车辆利用率,导致配属车辆增多、车辆购置成本增加。另外车辆检修完成后,在转换轨切换运行模式进入停车列检库时,存在车辆定位丢失、车辆自动唤醒失败等故障因素,进一步增加了调车作业时间,影响发车效率。

采用接触网供电的全自动运行线路,列车具备自行进出周月检库的条件,可从出入线直接进出周月检库。由于列车进出周月检库频率高,在此种情况下应考虑将周月检库作为自动运行区,以提高列车进行周月检作业的效率。

周月检库按自动运行区管理的车辆基地分区如图2所示。列车可直接从正线通过出入段线进入周月检库,不需要经过自动运行区与非自动运行区之间的转换轨进行运行模式的切换,车辆运行模式简单,实现自动运行进出周月检库。

该方案的优点是,取消了列车在停车列检库与周月检库之间的调车作业,避免了周月检作业前后必须进行的列车运行模式切换,简化了周月检作业流程,缩短了车辆下线检修时间。结合车辆基地内调车运行要求,对比两种方案的调车流程(见表2),周月检库按自动运行区管理方案完成1个周月检作业至少可节省20 min的调车作业时间。随着检修

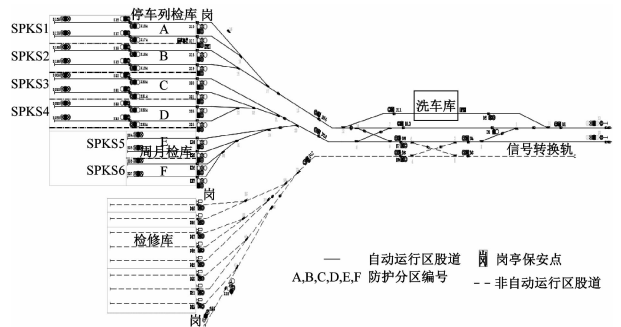


图2 周月检库自动运行区管理的车辆基地分区方案

车辆数量增加,节约时间、提高效率的效果更加凸显,并且减少段内调车可以减轻司机工作强度、减少车辆下线时间、提高车辆在线利用率。根据GB 50157—2013规定,双周检作业需要半天时间,双周检可以在非运营高峰时车辆回库时间进行,该方式可减少5%~6%的配属车辆<sup>[6]</sup>,可显著减少购车成本。同时随着列车在线检测设备的推广普及使用,可进一步提高周月检作业自动化程度,进一步减少周月检作业时间,有效提高车辆上线率。

表2 自动运行区管理方案与非自动运行区管理方案调车流程

方案	调车流程	调车作业环节	次数
自动运行区管理方案	入段线→周月检库→出段线	换向	0
		信号转换	0
		过道岔	2
非自动运行区管理方案	停车库→转换轨→周月检库→转换→出段线	换向	2
		信号转换	2
		过道岔	4

4 按自动运行区管理的周月检库设计要求

按自动运行区管理的周月检库设计特点主要体现在周月检库库长、全自动防护分区以及周月检作业管理方式等方面。

周月检库内股道长度除了满足检修工艺需求外,还需满足列车进库停车时信号安全防护距离要求,以及车辆唤醒自检时动态测试的距离要求。因此,全自动运行系统下车辆基地周月检库库长相对常规周月检库有所加长,车辆端部距车挡的安全距离不小于15 m<sup>[7]</sup>(在常规周月检库库房长度基础上增加5~10 m)。以6A编组地铁列车为例,1线1列位的周月检库库房长度可达到178 m(见图3);若周月检库按1线2列位布置,则库内长度要求与1线2列位全自动停车列检库基本相同(见图4)。

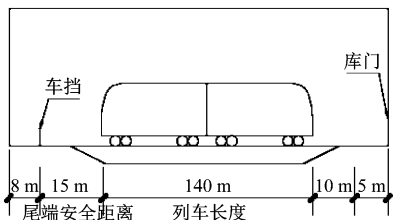


图3 1线1列位周月检库库房长度示意图

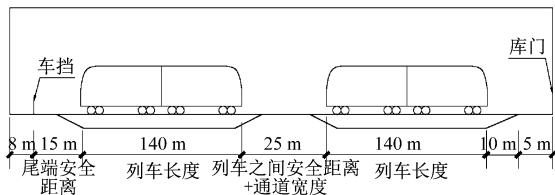


图4 1线2列位周月检库库房长度示意图

同时,为了作业安全,避免各股道作业相互干扰,按自动运行区管理的周月检库股道需划分为不同防护分区,分区之间通过隔离网进行分隔。为保证正常收发车和库内安全作业,库后通道处需设置防护隔离网,对应每个防护分区都设有栅栏门(通常处于锁闭状态),栅栏门上设置门禁和警示装置,门禁系统与信号系统安全联锁<sup>[8-9]</sup>,以供检修作业人员、工具车进出防护分区。周月检库库内一般设有中高检修平台,防护分区隔离网及其门禁系统可与检修平台及其五防锁系统合并设计。按1线2列位设计的周月检库库内也应参照全自动运行系统下的停车列检库在中通道处设置下穿或上跨检修通道<sup>[9]</sup>。为确保检修作业不影响列车出入段运行,自动运行区与非自动运行区之间通过隔离网、栅栏门等设施进行隔离,栅栏门门禁系统与信号系统联锁,自动运行区与非自动运行区在转换轨处进行列车运行模式切换<sup>[10]</sup>。

按自动运行区管理的周月检库在调度上首先属于OCC管理。根据修程计划,需进行周月检作业的列车从正线进入车辆基地后先进入周月检库库内停车,然后将管理权移交给车辆基地控制中心(DCC)。车辆入库后的停车可以自动完成,不需要司机参与。车辆的出库流程则与之相反。人员进出周月检库作业流程为:员工向DCC申请进入许可指令,行调确认后授权作业权限,员工在值班室进行登记;值班室操作员确认作业分区后将相应分区的SPKS防护开关置于防护位,该区域被独立锁闭,防护分区内车辆禁止发生移动且库外车辆不允许

进入防护分区;通知电调切断库内作业分区的牵引供电并远程确认安全接地;员工申领门禁卡,通过在库内对应分区通道出入口处刷门禁卡,门禁系统被激活后才能进入作业区域进行作业;作业完毕后,员工通过刷门禁卡离开作业分区进入值班室;值班室操作员通过视频确认人员全部离开且无设备遗漏,员工完成出库登记并退还门禁卡,值班室人员将SPKS开关复位,通知电调人员远程控制接地装置自动拆除,恢复作业区域的牵引供电<sup>[11]</sup>。

## 5 结语

基于全自动运行系统的车辆基地周月检库纳入自动运行区管理,可提高车辆周月检作业效率,提高线路的自动化运行水平,提高系统运行效率和设备设施的利用率,降低运营成本和车辆购置成本,从而更好实现城市轨道交通智能化运维管理。当周月检库隶属于自动运行区管理时,库内布局及防护分区要求、库内作业流程及管理方式等与常规周月检库存在一定的差异,应进行针对性设计。

## 参考文献

- [1] 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与安全监控北京市重点实验室.城市轨道交通全自动运行系统建设指南[R].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,2017:4.
- [2] 黄志红.车辆段/停车场增设全自动运行功能的分析[J].城市轨道交通,2016,13(5):54.
- [3] 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,2016(10):45.
- [4] 高照学.基于无人驾驶的地铁车辆段总图设计探讨[J].现代城市轨道交通,2017:46.
- [5] 朱翔,王大庆.城市轨道交通无人驾驶技术的若干应用问题[J].城市轨道交通研究,2006(12):36.
- [6] 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.
- [7] 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):59.
- [8] 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):2.
- [9] 郭泽阔.全自动驾驶车辆段总体布局方案设计[J].都市快轨交通,2017,30(2):43.
- [10] 李宜芳.全自动无人驾驶车辆段设计[J].市政技术,2015,33(2):62.

(收稿日期:2019-12-04)