

全自动驾驶地铁车辆基地列检作业计划管理系统研究*

朱健伟^{1,2} 史时喜¹

(1. 中铁第一勘察设计院集团有限公司, 710043, 西安;

2. 黄山市铁路投资有限公司, 245099, 黄山// 第一作者, 工程师)

摘 要 基于南宁地铁 5 号线车辆全自动驾驶与智能运维等技术手段,结合车辆基地列检作业的现状与不足,研发了全自动驾驶车辆基地列检作业计划管理系统并投入实际运用。介绍了该系统的硬件布置与软件系统的组成与功能,并对其应用原理进行了详细分析。结果表明,列检作业计划管理系统可打通智能运维体系下各系统间的数据链路,实现检修计划自动生成、作业任务无纸化派发、人员进出库无人化管理、故障情况信息化追溯等功能。

关键词 地铁; 车辆基地; 全自动驾驶; 列检作业计划管理系统

中图分类号 U279.2

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.10.042

Research on Train Inspection Plan Management System of FAO Metro Vehicle Base

ZHU Jianwei, SHI Shixi

Abstract Based on the technological measures of FAO (fully automatic operation) and the intelligent operation and maintenance of Nanning Metro Line 5 vehicle, considering the status and shortcomings of vehicle base train inspection, the train inspection plan management system of FAO vehicle base is developed and put into practical use. The hardware layout and the composition and functionality of software system of the management system are introduced, the application principle is analyzed in detail. Results show that the train inspection plan management system can open the data link between the subsystems within the intelligent operation and maintenance system and realizes the functions of automatic generation of maintenance plan, paperless distribution of operation tasks, unmanned management of personnel in and out of the warehouse, and information tracing of fault conditions.

Key words metro; vehicle base; FAO (fully automatic operation); train inspection plan management system

First-author's address China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., 710043, Xi'an, China

随着智慧城轨的建设,列车全自动运行与智能运维成为行业重要的发展趋势^[1]。全自动驾驶车辆基地在设计时需按照自动驾驶区和人工驾驶区分区布置。自动驾驶区通常为车辆的日常运用区域,停车列检库是自动驾驶区的核心。列车正常入库、休眠、唤醒、出库等无需人工干预,而列检、清扫等维护任务均由人工完成。为适应南宁地铁那洪车辆基地车辆全自动驾驶与智能运维等技术手段,本文提出一种智能信息化的列检作业计划管理系统。

1 全自动驾驶车辆基地列检作业需求

1.1 全自动驾驶车辆的列检特点

为确保列车运营安全,全自动驾驶车辆基地停车列检库内有人员作业时,区域内所有列车均需断电且禁止动车。若库内整体断电禁行,将会影响列车运行效率。因此,全自动驾驶模式的停车列检库在设计时,可将每 2~3 个股道划分为 1 个防护分区;各分区间车辆运行与人员作业互不制约,并设置隔离栅栏进行防护。同时,在停车列检库内设置地下人行通道或人行天桥,在对应于各防护分区处设带门禁的出入口,并与行车信号、接触网/轨状态联锁控制,保证分区内有车辆运行时无人员进入^[2]。典型的全自动驾驶车辆基地运用库布置如图 1 所示。

1.2 既有车辆列检模式

针对列检作业中的相关工作模块,对南宁地铁既有线路车辆段的现状进行调研。

1) 检修班组人员管理:检修班组人员采用记名考勤的方式,由指定人员使用考勤表格做出勤记录。

2) 检修计划生成:场调根据全日行车计划向检调提出次日上线车辆数,检调在所提需求的基础上

* 陕西省重点研发计划项目(2020GY-182)

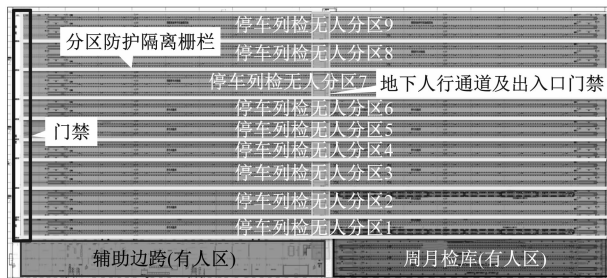


图 1 全自动驾驶车辆基地运用库布置图

Fig. 1 Layout plan of FAO vehicle base operation depot

另增加 1~2 辆备用车以安排次日所需列检车次;场调再根据其车次计划制定收、发车计划,收车计划即作为列检作业的参考计划。收发车计划的生成全部依靠人工手动排布,排布时间较长,且要求排布人员具有一定经验。

3) 检修任务的派发:检修工班长到 DCC (车辆基地调度中心) 领取作业任务,检调将纸质列检任务单交于工班长,工班长回到班组对人员进行点名,并根据实际到岗情况下发作业任务。为保证人员和车辆安全,分区车辆停稳后才允许检修人员进场作业。车辆入库停车后,司机需要将车辆状态卡交付给派班员完成退勤,派班员将状态卡交付场调,场调再将其交付检调。检调通过对讲机通知工班长车辆入库停稳信息后,班组长才能将列检任务分配至具体检修人员。

4) 故障填报:检修人员巡检过程中发现故障时,使用记事本对故障进行人工速记;完成检修任务回到班组后,再通过班组电脑将发现的故障及其处置情况登记至故障管理电子表格并手动录入故障管理系统,不同人员对故障描述存在差异。

综上所述,既有的列检作业仍采用传统模式,即通过手动填写的纸质文件来传达任务和交接信息,信息不能及时分发,历史数据难以快速查询;检修过程记录不清晰,不能满足质量管理体系的过程控制要求;作业安全主要依靠人工控制,安全隐患较高;系统之间数据链路不通,工作效率有待提高。既有列检作业计划管理模式难以匹配全自动驾驶车辆基地作业方式,且难以融入车辆智能运维体系。

2 列检作业计划管理系统组成

针对既有技术手段的不足,车辆基地列检作业计划管理系统通过搭建智能化的硬件体系、软件平台,并对其进行优化,打通其与智能运维体系下

TIAS(行车综合自动化)、轨旁综合检测、车辆专家诊断等系统间的数据链路,最终实现人员信息化管理、作业计划自动生成、作业计划无纸化派发、作业手续实时卡控以及作业反馈 5 大功能模块,如图 2 所示。

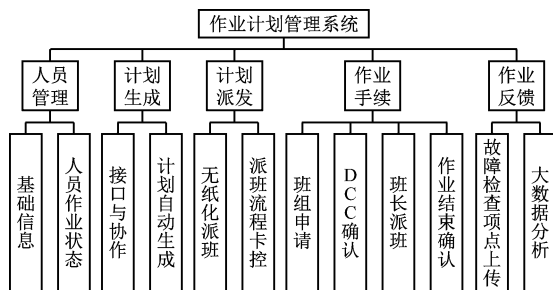


图 2 车辆基地列检作业计划管理系统的功能组成

Fig. 2 Function composition of the vehicle base train inspection plan management system

2.1 硬件布置

车辆基地列检作业计划管理系统硬件由服务器、网络设备、DCC 调度使用的控制终端电脑、工班长使用的现场终端电脑、作业人员使用的智能手持一体机、智能发卡柜、SPKS (工作人员防护开关) 箱、智能门禁等组成,如图 3 所示。

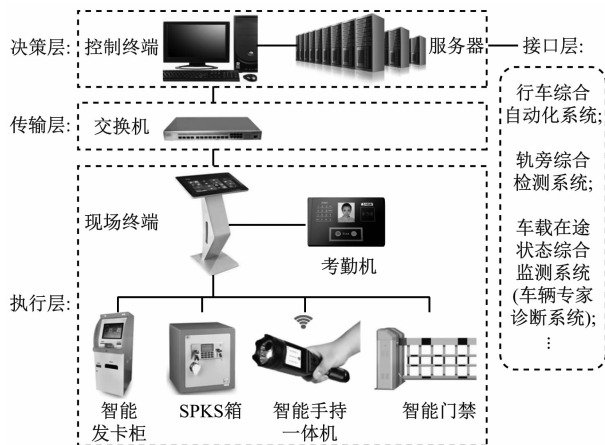


图 3 车辆基地列检作业计划管理系统的硬件组成

Fig. 3 Hardware composition of the vehicle base train inspection plan management system

1) 系统服务器:接收并处理外部接口数据,制定列检计划与作业指导书,存储并分析检修数据。

2) 控制终端:接收服务器数据信息,下发任务至检修班组,对作业人员进行管理。

3) 现场终端:检修班组领取并结合系统内人员信息派发任务。

4) 考勤机:保证任务安排至实际到岗人员。

5) SPKS 箱:与行车信号系统、门禁系统联锁控制,保证检修区有人作业时无车辆出入^[3]。

6) 智能发卡柜:结合作业计划与人员信息派发门禁卡与 SPKS 箱钥匙,保证作业人员进入正确的检修分区。

7) 智能门禁:应用生物识别、红外检测、智能图像分析等技术对人员进出检修区进行管理。

8) 智能手持一体机:将摄像手电与智能手机有机结合,在关键故障项点检查时可将检查结果一键拍照、自动上传。该设备具有断点续传功能,可应对库内信号盲区。

2.2 软件系统

软件系统运用先进的计算机技术、网络通信技术、数据库技术,采用 B/S(浏览器/服务器)和 C/S(客户端/服务器)混合的模式,建立了电子化、信息化、智能化的管理平台。

2.2.1 终端管理系统

终端管理系统可实现人员管理、数据接口管理、列检计划编制、作业手续派发、作业任务接收及车辆信息管理等功能。

1) 人员管理模块可进行检修人员信息的增加、删除、修改、权限调整等操作。该模块可显示人员考勤签到情况,并实时掌握作业人员动态。

2) 终端管理系统通过协商好的 Web Service API(网站服务应用程序接口)、MySQL(关系型数据库管理系统)等从外部接口获取收发车计划、需人工复检的疑似故障信息。

3) 终端管理系统结合收发车计划及外部接口数据自动生成列检计划。列检计划包含列检车次车号、车辆入库停稳时间、停放股道列位、作业时间、检修类别及项点。

4) 检调通过终端管理系统将计划下发至当班班组,班组长需在现场终端确认领取任务,并将具体作业手续派发至指定作业人员的手持端系统,智能发卡柜与门禁系统同步接收作业信息。

2.2.2 手持端系统

如图 4 a)所示,手持端系统可实现检修作业全过程实时卡控。该系统的功能包括:

- 1) 任务管理:接受、查看下发的任务。
- 2) 故障管理:提报、查看、管理故障信息。
- 3) 作业记录:上传关键项点作业照片,查询、查看已有的作业记录。
- 4) 技术支持:内置检修规程,设置质量卡控点

提醒功能,通过语音提示引导作业人员进行标准化作业。

5) 危险源提报:及时处理重大风险项。

6) 图像自动对比:采用基于深度学习算法的车辆部件关键故障项点图片识别技术,实现作业上传照片与标准照片的自动比对,如图 4 b)所示。服务器基于深度学习模型识别照片并给出匹配度建议,避免因人为疏忽导致故障项点遗漏。同时管理人员不必再人工检查大量检修作业过程图片,只需查阅统计数据、复合异常记录即可。



a) 系统界面 b) 图像自动对比

图 4 智能手持一体机系统软件界面

Fig. 4 System software interface of the intelligent handheld all-in-one machine

3 列检作业计划管理系统应用分析

3.1 智能运维体系的搭建

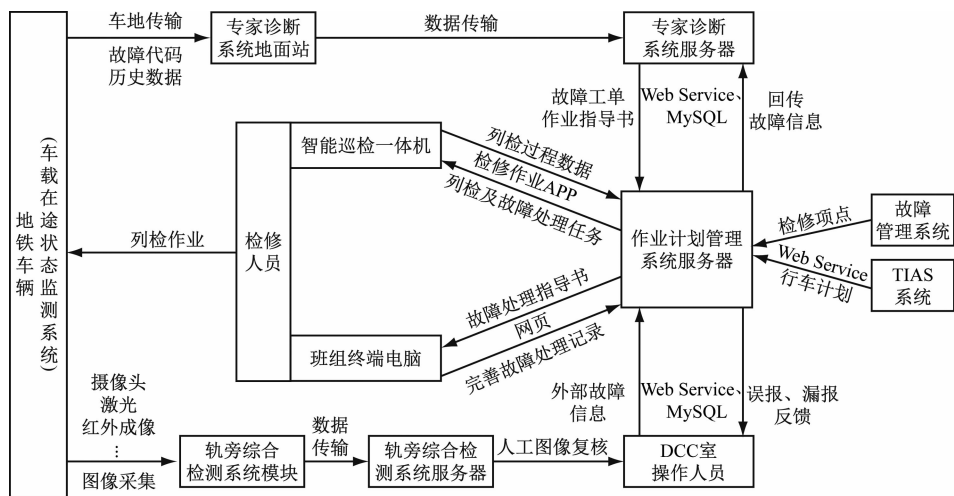
轨旁综合检测系统主要提供车辆外部故障信息,如紧固件缺失、受电弓碳滑板裂纹、轮对擦伤等^[4]。车辆基地列检作业计划管理系统通过中间数据库收到疑似故障信息后,将人工复核任务添加至车辆下一次的列检计划中。检修人员作业时使用智能手持一体机对疑似故障部位拍照上传:如故障属实,则按照故障处置流程进行作业,并生成故障处理记录;如在对应项点未发现实际故障,或新发现了轨旁综合监测系统未辨识提报的故障,轨旁综合检测系统则生成 1 条误报或漏报记录,并将此条误、漏报信息回馈给该系统。

专家诊断系统可同时提供故障数据与处置指导规范。故障数据分为两类:一类为车载监测系统通过车辆总线报出的故障代码,该故障代码可实时传输至专家诊断系统服务器;另一类为通过车地无

线传输的车载监测系统历史数据,专家诊断系统根据车辆历史状态数据预测、分析并提报即将发生的潜在故障^[5]。列检作业计划管理系统收到疑似故障信息后,将人工复核任务并添加至列检计划。此外,列检作业计划管理系统还会向车辆专家诊断系统提供轨旁综合检测系统与人工作业时发现的车辆

外部故障及其处置信息,以作为车辆专家诊断系统进行高级分析的数据基础。

列检作业计划管理系统打通了智能运维体系下各子系统间数据链路(见图 5),及时从车载监测、轨旁检测子系统处获取数据与分析结果,且在更高的系统层面上发掘有效信息并提出作业指导建议。



注:APP 为应用软件。

图 5 车辆基地列检作业计划管理系统的功能体系

Fig. 5 Functional structure of the vehicle base train inspection plan management system

3.2 作业计划的生成

通过对南宁地铁既有线路故障统计分析,结合南宁地铁 1 号线车辆检修规程,预选表 1 中所列故障项点。后期可根据地铁运营情况对表 1 中的故障项点进行实时补充与完善。

列检作业计划管理系统从 TIAS、轨旁综合检测与车辆专家诊断系统获取收发车计划,以及需人工复检的疑似故障信息,并将其中的非常规任务与检修规程要求的基本任务整合,根据运行周期以及计

划模板自动排布列检计划。检调可根据车辆运用情况及检修能力调整修改计划,并最终确认下发。

3.3 计划派发与执行

车辆入库时,列检作业计划管理系统从 TIAS 获取行车信息,确定分区车辆已停稳后派发具体作业任务。作业人员领取 SPKS 箱钥匙与门禁卡,打开 SPKS 开关并通过门禁检验进入检修分区开始作业,作业完成后于手持端系统确认并刷卡出库。列检作业计划管理系统的作业流程如图 6 所示。

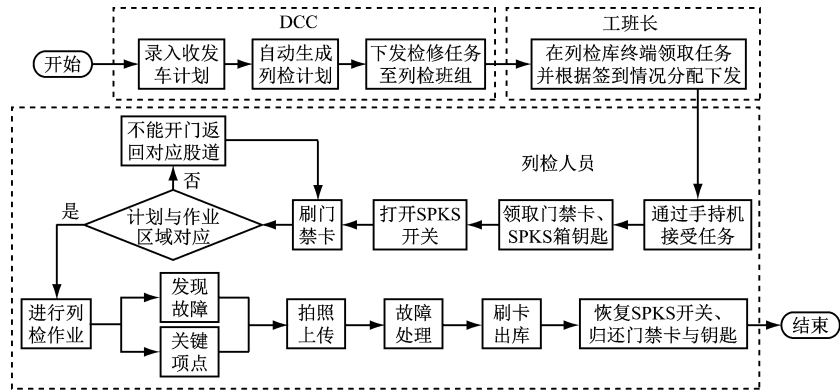


图 6 列检作业计划管理系统的作业流程

Fig. 6 Operation process of train inspection plan management system

表 1 故障项点的选择
Tab.1 Selection of fault item points

作业类型	故障项点的主要位置	故障项点的具体位置
地沟作业	转向架	齿轮箱 构架外观 半永久牵引杆
	车钩	全自动车钩接线盒波纹管接头
车两侧作业	转向架	轴箱 一系悬挂
	蓄电池	蓄电池
	司机室	司机室头罩 刮雨器
	照明及附属设备系统	头车车灯
车内作业	车门	司机室间隔门 客室门
	电器柜及仪表	仪表盘整体 端墙及电器柜
	乘客信息系统	LED 显示屏防尘堵

注:LED 为发光二极管。

4 结语

列车全自动运行与智能运维是智慧城市轨道交通发展的重要方向。本文提出的列检作业计划管理系统充分适应全自动驾驶车辆基地无人驾驶区行车作业模式,并且打通了智能运维体系下各系统间的数据链路,实现了检修计划自动生成、作业任务无纸化派发、人员进出库无人化管理,以及故障信息化追溯。规范了全自动驾驶分区内检修作业流程,从而达到节约人力成本、提升作业效率、保障运营安全的目的。目前,车辆基地列检作业计划

管理系统已在南宁地铁那洪车辆基地建设实施,系统功能在实际运用过程中亦可根据具体需求进行优化。

参考文献

[1] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要[Z]. 北京:中国城市轨道交通协会,2020.
China Association of Metros. China urban rail transit smart urban rail development outline[Z]. Beijing: China Association of Metros, 2020.

[2] 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):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(10):182.

[3] 周竞. 城市轨道交通全自动运行系统停车列检库登乘列车方案研究[J]. 城市轨道交通研究,2019(增刊2):49.
ZHOU Jing. Research on the embarkation plan of urban rail transit FAO train parking checkup depot[J]. Urban Mass Transit,2019(S2):49.

[4] 曹勇,张玉文,龚艳. 基于大数据和云计算的车辆智能运维模式[J]. 城市轨道交通研究,2020(4):69.
CAO Yong, ZHANG Yuwen, GONG Yan. Subway vehicle intelligent operation and maintenance mode based on big data and cloud computing[J]. Urban Mass Transit,2020(4):69.

[5] 刘丙林,朱佳,李翔宇. 城市轨道交通车辆智能运维系统探索与研究[J]. 现代城市轨道交通,2019(6):16.
LIU Binglin, ZHU Jia, LI Xiangyu. Exploration and research on intelligent operation and maintenance system of urban rail transit vehicles[J]. Modern Urban Rail Transit,2019(6):16.

(收稿日期:2021-03-17)

上海轨道交通崇明线“申通号”盾构机刀盘顺利下井

2022 年 9 月 12 日,上海轨道交通崇明线 108 标“申通号”盾构机刀盘吊装下井作业开始实施。当日,在位于上海长兴岛的轨道交通崇明线 108 标施工现场,重达 308 t 的“申通号”盾构机刀盘吊装下井作业顺利完成。“申通号”盾构机总长 148 m,当日完成吊装下井的刀盘直径 13.5 m,由一个中心块、6 个主刀臂和 6 个辅刀臂焊接拼装组成。“申通号”盾构机将完成崇明线南港越江段全长 7.74 km 的区间隧道掘进施工,这也将是上海轨道交通穿越长江的第一条隧道。

(摘编自 2022 年 9 月 12 日《人民网》)