

# 上海轨道交通列车智能检修计划系统研究

解嵩博 宗志祥

(上海地铁维护保障有限公司车辆分公司, 200235, 上海//第一作者, 高级工程师)

**摘要** 以上海轨道交通为例, 基于列车检修管理模式现状, 认为检修计划为检修管理模式的关键环节, 需由事后管理转变为事前管理。对列车智能检修计划系统进行介绍, 重点阐述了列车智能检修计划系统的限制条件、生产逻辑、实用功能及核心技术, 评估了列车智能检修计划应用效果。相比于传统检修计划方式, 智能检修计划系统具有编制运营计划时间短, 检修计划编制和任务下发智能化、信息存储容量大、大数据分析适用性强、适用范围广等优点。

**关键词** 城市轨道交通; 列车检修管理模式; 智能检修计划系统

**中图分类号** U279.1

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2022.04.045

## Research on Intelligent Maintenance Planning System of Shanghai Rail Transit Trains

XIE Songbo, ZONG Zhixiang

**Abstract** Taking Shanghai rail transit as an example, based on the current situation of train maintenance management mode, it is believed that, as the key link of the maintenance management mode, the maintenance plan needs to be transformed from post-event management to pre-event management. The train intelligent maintenance planning system is introduced, and the limitations, production logic, practical functions and core technologies of the train intelligent maintenance planning system are discussed. The application performance of the train intelligent maintenance plan is evaluated. Compared with the conventional maintenance plan, the intelligent maintenance planning system has the advantages of short preparation time for operation plan, intelligent maintenance plan preparation and task issuance, large information storage capacity, and strong applicability of big data analysis, as well as wide range of application.

**Key words** urban rail transit; train maintenance management mode; intelligent maintenance planning system

**Author's address** Rolling Stock Branch, Shanghai Rail Transit Maintenance Support Co., Ltd., 200235, Shanghai, China

近年来, 随着城市轨道交通的蓬勃发展, 检修业务量显著增大<sup>[1]</sup>, 对检修计划也提出了更高的要求。科学合理地安排列车检修计划, 可以有效利用现有检修资源、提高检修作业的效率、节省检修费用<sup>[2]</sup>, 有效保障列车运营的安全可靠。

## 1 列车检修管理模式现状

### 1.1 检修管理模式的局限性

目前, 上海地铁现行的列车检修管理模式, 是基于计划维修为主线的管理模式, 包括了日检、均衡修、架大修等内容。对于临时突发的专项普查、整改、重大故障或临时故障的处置等类活动, 都难以在目前的列车检修生产管理模式中得到很好的管控, 而且最终又会对列车检修造成以下影响: ①因为不能及时有效地共享信息, 降低了各项检修工作的协同检修效率; ②由于突发故障导致生产工作任务繁重, 维修班组人员分配工作任务效率低, 进而导致人员使用设备的效率低; ③由于缺乏有效的管控手段, 检修人员的专业水平不足, 故维修管理不能实现精细化、标准化; ④物料消耗高, 人工成本虚高。

因此, 在列车面临突发的检修任务时, 现有的检修管理模式存在局限性。随着大数据逐渐被运用到城市轨道交通行业中, 采用智能检修计划系统对城市轨道交通列车的检修计划进行管理, 将会成为未来城市轨道交通列车检修管理的新模式。

### 1.2 检修管理模式的关键环节

目前, 上海地铁列车检修管理模式主要依托智能运维平台来实现, 其主要有专家系统、检修规程、检修计划、检修执行等4个环节<sup>[3]</sup>。其中, 检修计划环节需综合设备状态及维修条件来制定维修计划, 并推送维修任务, 是检修规程后、检修执行前的最关键一环, 承载着检修规程的正确、合理运用, 也是检验规程中检修活动定义有效性、可执行性的关键步骤。此外, 检修计划还是检修执行的前提。没

有合理的检修计划做指引,检修执行工作就会出现混乱。一旦出现临修、故障修及正线乱表等特殊情况,检修计划会面临更多不确定因素。因此,需改变管理理念,由事后管理转变为事前管理。

## 2 列车智能检修计划系统介绍

随着上海轨道交通智能运维系统的全面覆盖,为更好地发挥其大数据平台的作用,并对其衍生功能进行开发应用,列车智能检修计划系统应运而生。

### 2.1 列车智能检修计划限制条件

列车智能检修计划的主要限制条件有:① 各基地检修资源限制(工作日与节假日各基地的检修条件不同);② 运行车次限制(不同运行图的早高峰出库数与平时出库数不同);③ 运营限制(部分检修项只能扣车完成,部分检修项优先在早高峰时段完

成);④ 可同时进行多个检修项,但检修项间不能冲突;⑤ 各检修项有各自独特的选车规则,如指定车次、按计划日期选车、按间隔选车等;⑥ 架大修车、季度清扫车、故障车等特殊情况<sup>[4]</sup>。

### 2.2 列车智能检修计划生成逻辑

如图1所示,列车智能检修计划系统的生成逻辑主要分为3个步骤:

第一步,根据现有可用列车,结合列车当日的检修项目,确定当日检修计划表。

第二步,利用既有检修计划表、明日检修事项,生成明日用车车次。

第三步,对明日用车计划校验。主要校验是否有检修项、和运营计划是否有冲突、基地列车数、后日检修事项等,确定列车可用状态,最终形成明日用车计划表。

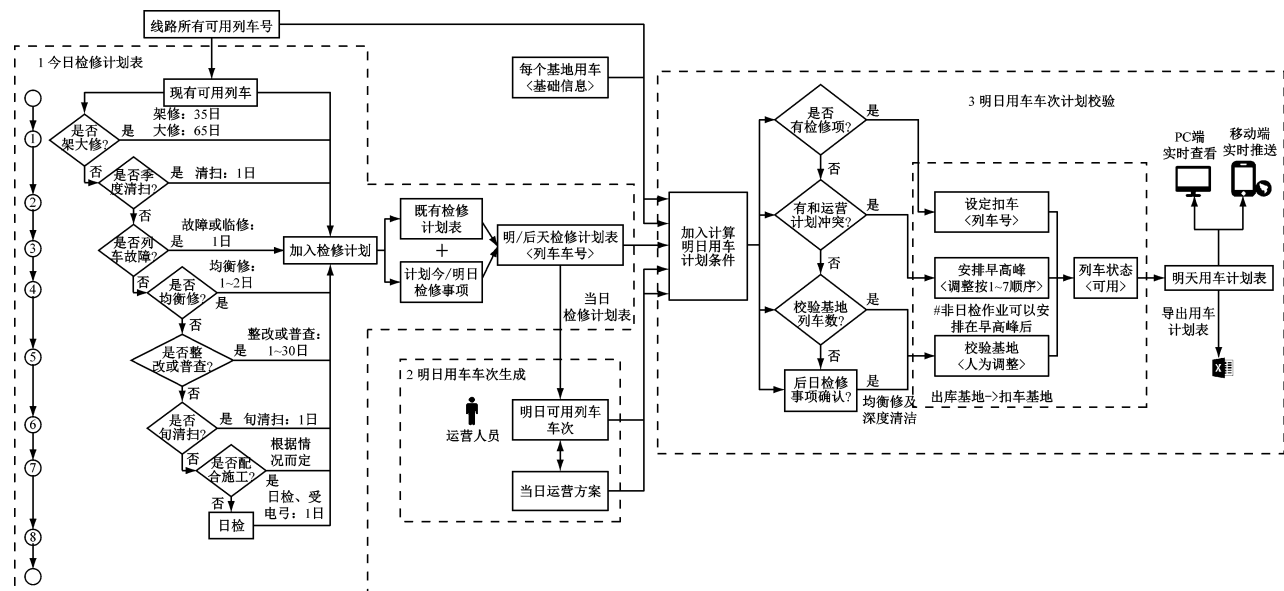


图1 列车智能检修计划生成逻辑图

Fig. 1 Schematic diagram of train intelligent maintenance plan generation logic

### 2.3 列车智能检修计划系统的功能

列车智能检修计划系统旨在结合列车实时的运营情况(含每日运营图定列车安排及列车运营故障情况)及列车的各项检修修程修制要求(含列车架大修、均衡修、日检、各类洗车修程、各类整改及各类普查),通过大数据及人工智能等技术手段帮助检修人员智能制订更为合理的生产计划,通过分析检修数据与列车运营状态之间的关联,不断优化提升检修水平,实现城市轨道交通检修修程修制的改革。列车智能检修计划系统具备以下功能。

#### 2.3.1 智能编制检修计划

为防止漏排、错排检修计划,也为提高计划编

排效率,统一编排检修计划标准,列车智能检修计划系统提供了智能编制检修计划的功能。只需操作人员填写必须要检修的事项,以及各基地期望的检修数、回库数,便能生成一份完整的检修计划。

#### 2.3.2 智能调整检修计划

列车智能检修计划系统在第一阶段(使用初期),由于缺少大量数据支撑,无法自动生成月度计划和年度计划,故需自动将上级单位下发的月度及年度检修任务,按具体情况拆分到日检修计划中。

由于运营存在不确定性,当检修计划需调整时,若通知不到位,则可能会影响后续多项计划。故列车智能检修计划系统设置了任务交换及顺延

日期等功能,可批量修改检修计划,并保留调整记录,以避免计划修改及通知延后导致的不便。

待列车智能检修计划系统积累了一定的使用数据,便能进入第二阶段(成熟应用期):智能编制检修计划。对各检修项的检修间隔、维修条件、人员配置及列车走行公里数等指标进行分析,并按权重打分排序,进而配置出符合要求的月度检修计划甚至是年度计划。

### 2.3.3 检修任务实时下发

为了节省登记、整理每日检修任务的时间,避免任务下发不及时等问题,列车智能检修计划系统提供维修任务查询功能。检修班组可查询其责任范围内的检修任务内容。日检班组可直观地看到各库各车的任务安排和回库情况。一旦发生任务变更,执行班组也能及时查阅。这一功能有效地缩减了下发任务、接收任务的流程及时间。

此外,列车智能检修计划系统具备对接“钉钉”等平台的推送功能,可直接将检修任务以文字的形式

式发送到指定群组。

### 2.3.4 检修日志的智能生成、保存及分析

列车智能检修计划系统提供确认检修功能,由检修人员每日确认当日任务完成情况,自动快速汇总每日检修情况,智能生成检修日志。若检修人员未完成当日任务,则需填写原因。列车智能检修计划系统将保存所有检修记录,实时反映各条线路的检修完成情况,以使用户随时查询所需信息。

### 2.3.5 检修信息数据总览

列车智能检修计划系统的输入数据与使用记录,经积累后便能成为分析各项生产指标的基础数据。目前,列车智能检修计划系统提供故障、运营、检修及架大修等情况的数据分析,并通过图表和表格的方式呈现各线路的工作情况,如图 2 所示。列车智能检修计划系统根据每日工作完成情况自动生成的检修日志、班组日志和线路日报,可直接导出为电子台账,有助于管理人员实时看到每条线路的详细情况。

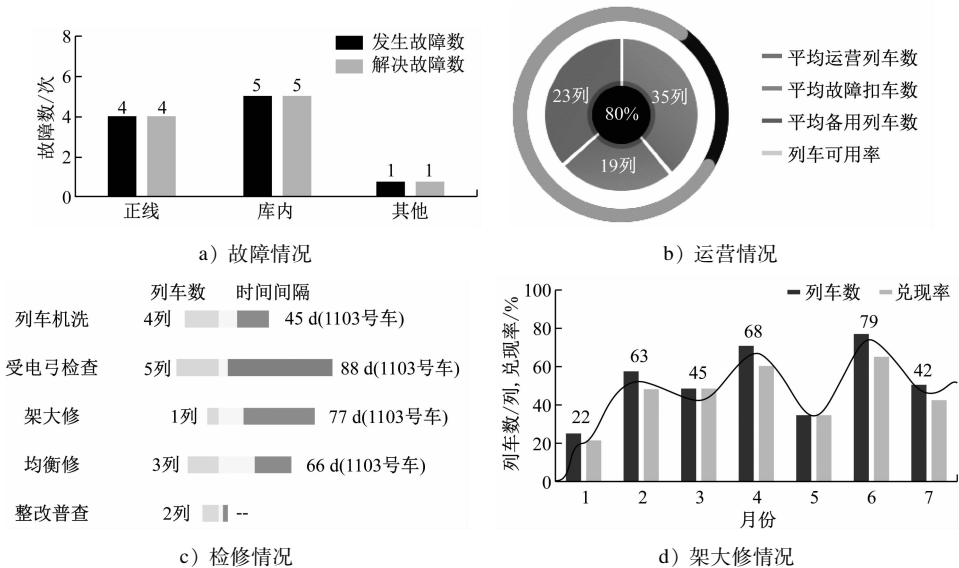


图 2 列车智能检修计划系统的统计显示界面

Fig. 2 Statistical data display interface of train intelligent maintenance planning system

### 2.3.6 检修数据的全生命周期分析

检修工作的信息化管理使得每个计划、每条记录都可追溯。在列车从新车到架大修的全生命周期中,都可通过列车智能检修计划系统查询到其详细的检修信息,进而得出更有利于维修实施的检修策略方案。以自动化机械洗车(以下简为“机洗”)为例:首先,针对均衡修清洁及季度清洁等涉及洗车的检修项,汇总每个检修项的检修次数,进而计算平均检修间隔、绘制检修项整体控制图,从而获

得检修间隔在可接受范围外的检修记录;然后,通过自然语言处理进行命名实体识别,识别出操作人、工艺及配件等,并统计出频次最多的词,从而找到影响检修间隔的主要因素;最后,根据主要影响因素采取针对性改善措施,即能大大提高检修效率。

### 2.4 列车智能检修计划系统的核心技术

1) 通过高度可配置的智能计划流技术来梳理复杂的、不同的计划流程。

2) 通过可配置的智能检修逻辑规则来完成复

杂的检修计划逻辑设定。

3) 通过大数据分布式计算组件来处理复杂多维的检修计划条件,进而提高计算能力<sup>[5-6]</sup>。

### 3 列车智能检修计划试用效果

自 2018 年起,列车智能检修计划系统在上海某线的车辆检修生产活动中试用,并于 1 年内完成了适用性调试及功能调试。

采用传统检修计划方式时,落实活动的管理工作主要为检修故障记录,相应的列车检修计划管理及检修日志信息化工作仍处于空白;管理人员仅能手动安排多个车辆基地的日常生产多任务计划,难以做到面面俱到;一旦发生任务冲突,管理人员只能凭经验处置;故障处理、供应商整改、整改后运营

安全确认、洗车及施工配合等大量活动未纳入常规计划中。可见,采用传统检修计划方式,不仅工作计划落实性差,而且难以帮助管理者掌控全局、判断每条线路的检修活动质量及效率。

列车智能检修计划系统可根据检修项目自动生成检修计划,在计划冲突时能提醒计划编制人员进行调整,可形成统一格式的线路日志,能减少线路检修计划制定中出现的“拍脑袋”现象,能帮助维修生产班组更高效、快速地制定复杂计划。

表 1 为不同列车检修计划方式的对比。由表 1 可知,相比传统检修计划方式,列车智能检修计划系统具有计划编制用时短、检修计划编制与任务下发智能化、相关信息存储容量大、大数据分析适用性强、适用范围广等优点。

表 1 不同列车检修计划方式对比  
Tab. 1 Comparison of different train maintenance plans

比较项目	传统检修计划方式	智能检修计划系统
编制计划流程	凭操作人经验	标准化、自动化,且取数规则可配置、逻辑流向可配置
编制运营计划平均时间	2 h	5 min
检修计划	从多个 excel 表格中查询,手动编制	统一查询、智能编制
任务下发	手动下发	自动推送
相关信息存储	excel 软件	关系型数据库、非关系型数据库、Redis 缓存数据库
数据总览	无	可视化图表、趋势预测
数据分析	无	自然语言处理、大数据分析
适用范围	单个检修班组	所有线路

### 4 结语

检修计划是检修管理模式的关键环节。本文从列车智能检修计划系统的限制条件、生产逻辑、实用功能、核心技术等方面进行介绍,并在某线路进行试用。从试用效果来看,与传统检修计划相比,智能检修计划系统具有编制用车计划时间短、检修计划编制和任务下发智能化、信息存储容量大、大数据分析适用性强、适用范围广等优点。此外,智能检修计划还实现了检修活动可视化管理,改变了管理理念,由事后管理转变为事前管理。

### 参考文献

[1] 郭振通,李保霞.城市轨道交通列车智能检修技术[J].城市轨道交通研究,2020(1):134.  
GUO Zhentong, LI Baoxia. Urban rail transit vehicle intelligent maintenance technology[J]. Urban Mass Transit, 2020(1): 134.  
[2] 龙翔宇.城市轨道交通车辆检修与运用计划优化研究[D].北京:北京交通大学,2018.

LONG Xiangyu. Optimization study on maintenance and operation schedule of urban railway trains[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2018.  
[3] 傅嘉俊.上海轨道交通车辆智能运维系统[J].城市轨道交通,2020(7):23.  
FU Jiajun. Intelligent operation and maintenance system for Shanghai rail transit vehicles[J]. China Metros, 2020(7):23.  
[4] 邱伟明.城市轨道交通车辆维修管理探讨[J].现代城市轨道交通,2012(2):25.  
QIU Weiming. Maintenance and management of urban transit vehicles[J]. Modern Urban Rail Transit, 2012(2):25.  
[5] 王凌,徐文彬,郑恩辉,等.城市轨道交通设备维修管理系统综述[J].铁道运输与经济,2009(10):47.  
WANG Ling, XU Wenbin, ZHENG Enhui, et al. Summary of urban rail transit equipment maintenance management system[J]. Railway Transport and Economy, 2009(10):47.  
[6] 董纪南.城市轨道交通维护管理系统[J].自动化应用,2012(9):3.  
DONG Ji'nan. Urban rail transit maintenance and management system[J]. Automation Application, 2012(9):3.

(收稿日期:2020-03-21)