

# 城市轨道交通列车智能检修技术

郭振通 李保霞

(中车南京浦镇车辆有限公司城轨市场部, 210031, 南京//第一作者, 高级工程师)

**摘要** 在整个城市轨道交通行业迅速发展阶段,提升城市轨道交通车辆全寿命周期的维修智能化检修水平是行业发展的趋势,对城市轨道交通列车智能检修技术进行了研究,详细阐述了对城市轨道交通车辆车载及轨旁智能检修系统、架大修智能厂房及全寿命周期基于可靠性的智能检修等城市轨道交通列车智能检修技术,提出了智能检修的关键技术和提升检修效率的切实可行的措施。

**关键词** 城市轨道交通;列车;智能检修

**中图分类号** U279.3<sup>+</sup>3

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2020.01.031

## Urban Rail Transit Vehicle Intelligent Maintenance Technology

GUO Zhentong, LI Baoxia

**Abstract** With the rapid development of the whole urban rail transit industry, the trend to improve the intelligent maintenance level throughout the whole life cycle of urban rail transit vehicles is increasingly prominent. Through studying the urban rail transit train intelligent maintenance technology, the train on-board and trackside intelligent maintenance systems, the overhaul intelligent workshop and intelligent maintenance technology based on RCM certification are elaborated. The key technical issues in intelligent maintenance and practical measures for maintenance efficiency improvement are proposed.

**Key words** urban rail transit; vehicle; intelligent maintenance

**Author's address** Urban Rail Marketing Department, CRRC Nanjing Puzhen Co., Ltd., 210031, Nanjing, China

近年来,城市轨道交通检修基地的检修业务量也在显著增大。有效的运维工作是城市轨道交通列车安全运行、高效运营的重要保障。检修基地需采用现代化的运维管理理念、信息化的运维管理工具及智能化的运维支持手段来充分发挥列车硬件设备的效用<sup>[1]</sup>。城市轨道交通列车智能检修技术应运而生。

## 1 城市轨道交通列车智能检修技术

根据地铁设计规范,城市轨道交通车辆投入运营后,在其全寿命周期内,均需要按照运营公里数和投运时间进行定期检修<sup>[2]</sup>。按照车辆维修的时机,检修分为预防性维修和事后故障修。目前各地铁公司均按照预防性维修的检修模式进行。车辆的检修按运营时间又可分为常规检修(年检及以下的修程)和架大修(深度检修)。

城市轨道交通列车的智能检修技术可运用于日常检修、架大修生产及全寿命周期内的检修。智能检修技术基于车辆运用可靠性数据分析,能有效提高车辆的检修效率,并能有效支撑车辆全寿命周期的检修作业,提高检修效率和效益。该智能检修技术包括常规智能检修车载系统、常规智能检修轨旁系统、架大修智能厂房和基于可靠性的全寿命周期检修系统。这四个系统互为补充,相辅相成,涵盖了城市轨道交通列车检修的全部内容。

### 1.1 常规智能检修车载系统

常规智能检修车载系统应用于列车的常规检修,其性能取决于列车的先天设计。故需要在项目设计之初,提前确定并设置车辆的智能检修支撑设备。目前,主要的车载系统厂家均在研制车门、制动、PIS(乘客信息系统)等方面的智能系统,在这些智能系统设备内部设置了电压、电流、位置及压力等传感器,可以更多接收设备在车辆运行过程中的状态信息,形成原始数据流和综合判断的结果信息,并可直接传递出去。头车设置了信号搜集转换传输的硬件 AP(无线访问接入点)。这样,检修相关数据可通过子系统设备传送到车载数据交换中心,再发送到地面管理系统。

智能检修车载系统为检修工作提供了信息支撑,能大大提高检修效率,有效支持车辆日检作业。但该系统对车辆硬件配置要求高。智能检修车载子系统目前在发展和完善过程中,需要和其他子系

统配合使用,以实现智能检修。

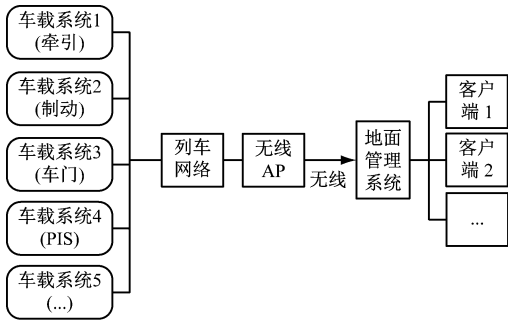


图 1 车载智能检修系统框图

1.2 常规智能检修轨旁系统

智能检修轨旁系统也是用于车辆的常规检修,其设备通常布置在车辆段出入线轨旁,于项目初期设置,可有效弥补车载系统的不足。智能检修轨旁系统通过列车外部检测技术,替代车载设备及人工的检测。常规智能检修轨旁系统由识别功能模块、现场服务器、防火墙、云平台及客户端组成。识别功能模块主要包括图像识别模块、温度识别模块和声音识别模块。其中,图像识别模块按图 2 中内容统一修改,文字与图应一致,请核实包括轮对外形尺寸单元踏面擦伤图像识别单元,车顶、车侧、车下走行部检测单元,车体轮廓限界检测单元,走行部温度红外检测单元,闸瓦在线检测单元,闸片在线检测单元,受电弓在线检测单元及车号识别单元。

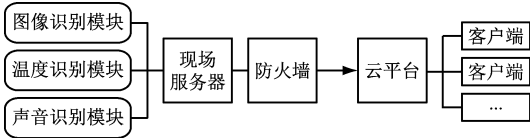


图 2 常规智能检修轨旁子系统结构图

智能检修轨旁系统的各检测单元负责各检测对象的数据采集、分析与计算。现场服务器主要负责将各检测单元的采集的数据汇总、分析、计算和存储,并将检测数据和报警信息传输至云平台上。防火墙主要是为了保护各部分之间数据通信的可靠性和安全性。客户端主要包括本地计算机客户端、笔记本计算机客户端、平板电脑客户端和手机客户端,供使用人员访问和接受实时数据、历史数据和报警信息。

沿着列车入库方向布置的智能检修轨旁系统设备依次是:车号识别单元,车顶、车侧、车下走行部检测单元,轮对外形尺寸单元,踏面图像擦伤检测单元,走行部温度红外检测单元,闸瓦在线检测

单元,闸片在线检测单元,受电弓在线检测单元,以及温度监测模块和声音监测模块。

相应的可检测内容包括:轮对,受电弓,车顶、车侧及车底的异物,车顶、车侧及车底走行部的关键部件,牵引电机、齿轮箱温度,闸瓦与闸片尺寸,车辆部件的温度、异响及异音。

智能检修轨旁系统将所有检测结果及相关的图片、数据等上传到现场服务器并进行状态实时显示。

智能检修轨旁系统还可有效管理运行数据信息,并可将重要信息立即反馈给检修员工、OCC(运行控制中心)及专家组,使相关人员能及时应对、及时处理。

智能检修轨旁系统通过在列车外部设置的传感器,将检测到的列车状态数据传输到地面基站,并监测车辆外部图像、温度及声音是否存在异常,从而实现远程通知、远程诊断,避免了人为因素造成的干扰,提升了对列车故障的快速响应能力,提高了检修效率。

1.3 架大修智能厂房

架大修智能厂房方案主要用于车辆架大修。根据运行时间和运行里程,需要定期进行车辆的深度检修即架大修。架大修的工作效率同生产组织、扣车时间及检修水平息息相关。为了提高检修效率,应采用信息化的手段对车辆进行构型分析,抛弃传统以列为单位的资产管理模式,围绕车辆系统部件实施管理工作。架大修智能厂房的平面布置如图 3 所示。架大修智能厂房可实现信息化管理,并设置了智能工位,能实现信息化、智能化的架大修。

架大修智能厂房包括工序智能化系统,能提供及时服务,其管理内容覆盖工位管理、物料管理、趋势管理及责任管理,涵盖自检问题数据趋势的判断、隐患与风险源的控制,与单点登录设备集成,且管理内容能随组织架构变动而变化。与一般的静态管理不同,架大修智能厂房是一个以现有生产工位为主轴的动态信息管理系统,包括基础数据管理、现场管理及统计分析等模块。

架大修智能厂房系统具体能实现如下功能:

- 1) 能实现对车辆架大修 14 个工位的精细化管理,管理内容包括车辆维修计划、维修作业计划、维修人员安排计划、资源调度、作业监控等。
- 2) 能实现对车辆架大修工艺的标准化,即通过

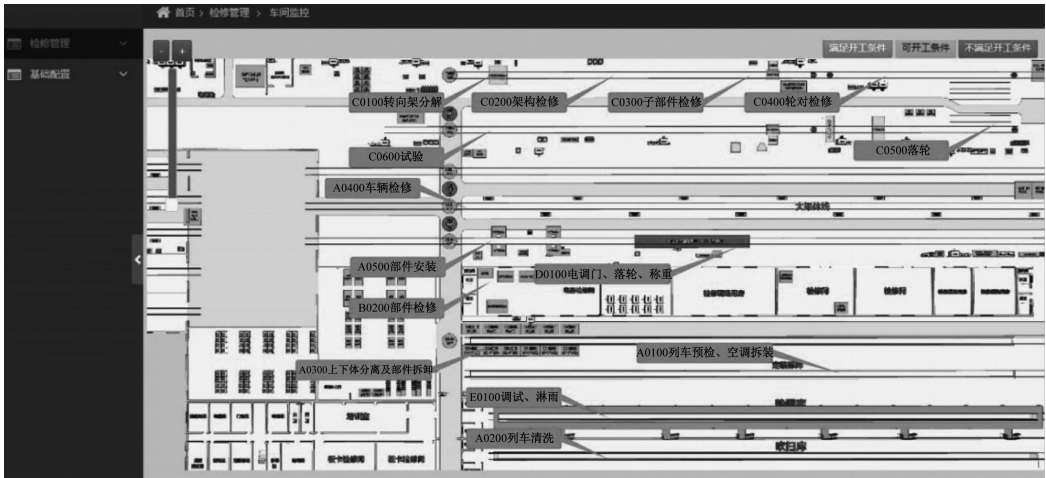


图3 架大修智能厂房系统界面截图图

标准化流程的制定和管理,确定维修作业范围。

3) 能实现对车辆架大修资源的共享。通过架大修智能厂房系统,用户不仅可实时了解车辆架大修作业的状态、资源使用情况,还可在线浏览检修规程及动态作业任务安排等。

4) 能自动生成车辆多层次全方位履历信息,包含车型组成结构、设备信息,车辆状态历史、故障数据、车辆作业工单、部件更换及车辆走行公里数等。

5) 能生成架修设备与物料信息。根据架大修规程、生产计划、作业流程及架修现场工位等信息,生成作业工单及其所需物资清单等。

6) 能实现委外及供应商管理,包括交接验收,功能验收和供应商考评等。

7) 能实现对整个架修作业过程的质量控制,能有效提高车间工作完成质量。

8) 能实现多角度的报表统计和智能分析,为管理层提供成本、进度及质量等方面的决策支持。

另外,厂房内还配置有智能工具柜和智能 AGV (自动导引运输车),能节约运输和管理成本,减少架修人员,实现生产效率最大化。

1.4 全寿命周期内基于可靠性的智能检修系统

目前,城市轨道交通运营维保单位均采用计划修的模式进行车辆维修,部分维保单位在进行状态修的尝试。车辆的状态修取决于车载设备的先天条件,终极目标为实现基于列车设备状态的适时检修。全寿命周期内基于可靠性的智能检修系统(以下简为“全寿命可靠性智能检修系统”)基于车辆运营可靠性数据进行分析,制定科学合理的架修策略,科学合理的调整修程,可应用到现有车辆寿命周期内的检修过程中。

根据车辆设计结构对车辆进行建模,对车辆运行故障数据进行分析,根据 FMECA (故障模式、影响及危害性分析),最终开发了基于可靠性理念实施列车智能维修的数据分析软件。目前该软件已经成功应用到多个项目中,为修程调整提供了有效的依据。

全寿命可靠性智能检修系统对车辆运营数据实时监控,能在车辆运营状态出现异常前,提前发出预警。其触发预警条件为:各项目的车辆可靠性指标不满足合同要求,车辆故障率数据变化呈向上的趋势,对同一项目超过 3 次发生相同的正线故障<sup>[3]</sup>,各供应商的产品超过合同规定的更换率等。

全寿命可靠性智能检修系统能自动计算运营危害度、判断严酷度等级,并根据修程调整智能分析矩阵(见表 1)判断列车状态等级,以验证之前制定的维修周期是否合理,进而进行运营数据预警,对车辆运营状态有效把控。

表 1 修程调整智能分析矩阵表

危害度	严酷度 4 (轻度)	严酷度 3 (中等)	严酷度 2 (重大)	严酷度 1 (严重)
危害 1(严重)	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>
危害 2(较重)	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>
危害 3(中等)	M <sub>3</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>
危害 4(较轻)	M <sub>4</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>
危害 5(轻度)	M <sub>4</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>2</sub>

注:M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub> 及 M<sub>4</sub> 为列车状态等级;其中,M<sub>1</sub> 表示列车亟需维修,M<sub>2</sub> 表示列车应加强检修,M<sub>3</sub> 表示维持现有检修,M<sub>4</sub> 表示列车可采用故障后维修

(下转第 140 页)

车辆基地废水处理产生的含油污泥、废油及含油浮渣等属于危险废物,其类别为:HW08 废矿物油与含矿物油废物,代码为:900-210-08(油/水分离设施产生的废油、油泥及废水处理产生的浮渣和污泥(不包括废水生化处理污泥))。城市轨道交通项目的设计及环评,应根据文献[12]的要求,强化危险废物处理处置措施,并根据地下水评价要求对危险废物产生、贮存场所采取防渗措施。

## 4 结论

本文针对某车辆基地污废水的特点,对生活污水提出了“隔油池+化粪池”处理方案,对含油废水提出了“调节+隔油沉淀+气浮”的处理方案,经处理后的废水可满足三级标准要求。C1 线车辆基地生产废水设计处理规模为  $100 \text{ m}^3/\text{d}$ ,经论证,设计处理规模合理,污废水设计方案可行。

环评阶段,污废水水质、设计方案的处理效果应结合已运行污废水设施进行论证。通过比对区域市政设施现状及规划建设情况,结合城市轨道交通运营时间可论证依托市政设施的可行性。针对不能接入市政污水处理厂的含油废水采用“调节+隔油沉淀+气浮+过滤+消毒”可以满足回用水要求。车辆基地项目还应重视地下水及危险废物影响等问题,针对污废水池、处理系统及污泥临时贮存场所等可能发生泄露的区域采取防渗措施,并加强运营期环境管理和防范措施,可防止泄露事故污染环境。

(上接第 136 页)

在危害度和严酷度矩阵中,对列车状态等级为  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$  的列车均需调整修程预警。

全寿命可靠性智能检修系统能自动生成检修结果,以供用户调阅,能智能识别部件的“过修”和“欠修”状态,每半年或一年根据提出更科学的修程调整建议,实现部件维修周期的科学化;能科学地延长部分部件的修程,避免欠修和过修;能有效提高检修效率和效益。

## 2 结语

综上所述,目前,城市轨道交通迅速发展,加快进行城市轨道交通列车智能检修技术的研究,提升城市轨道交通车辆全寿命周期的维修智能化检修

## 参考文献

- [1] 陈建敏,朱婧瑶.城市轨道交通车辆段含油废水处理工艺探讨[J].中国给水排水,2016(6):28.
- [2] 王立存,曾国保,熊景芷,等.城市轨道交通车辆段生产废水处理工艺改造[J].中国给水排水,2012,29(1):59.
- [3] 曾国保.城市轨道交通车辆段及维修基地生产污水处理方案[J].城市轨道交通研究,2007(1):69.
- [4] 陆洋,张帆,王寒,等.气浮除油实验装置设计与影响因素[J].水处理技术,2016(5):56.
- [5] 中铁二院工程集团有限责任公司.上海市轨道交通 15 号线工程环境影响报告书[R].成都:中铁二院工程集团有限责任公司,2015.
- [6] 国家环境保护总局环境工程评估中心.重庆市快速轨道交通较场口—新山村线路工程竣工环境保护验收调查报告[R].北京:国家环境保护总局环境工程评估中心,2006.
- [7] 中华人民共和国铁道部.铁路给水排水设计规范:TB 10010—2016[S].北京:中国铁道出版社,2016.
- [8] 中华人民共和国环境保护部环境工程评估中心.深圳市城市轨道交通二期 1 号线续建工程竣工环境保护验收调查报告[R].北京:环境保护部环境工程评估中心,2017.
- [9] 中南勘测设计研究院有限公司.长沙市轨道交通 2 号线一期工程竣工环境保护验收调查报告[R].长沙:中南勘测设计研究院有限公司,2017.
- [10] 马亮亮,赵莉,杨公博,等.地铁车辆基地含油废水处理工艺应用研究[J].给水排水,2015(增刊1):245.
- [11] 中华人民共和国环境保护部.环境影响评价技术导则-地下水环境:HJ 610—2016[S].北京:中国环境科学出版社,2016:14-35.
- [12] 中华人民共和国环境保护部.建设项目危险废物环境影响评价指南:公告 2017 年第 43 号[S].北京:中华人民共和国环境保护部,2017.

(收稿日期:2018-03-28)

水平是行业发展的趋势。从城市轨道交通车辆设备空间维度和时间维度,对全寿命周期内的列车智能检修进行了阐述,提出了有效的智能检修方案,可有效地减少维修人工,节约列车的检修资源,提升检修效率和水平。

## 参考文献

- [1] 田俊峰.高速列车智能运维支持系统研究与实现[D].杭州:浙江大学,2014.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.地铁设计规范:GB 50157—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [3] 张成光,郭振通,黄挺.基于故障模式、影响及危害度分析(FMECA)的地铁车辆检修工艺优化方法[J].城市轨道交通研究,2017(10):72.

(收稿日期:2018-05-29)