

# 市域轨道交通车辆修程模式研究

王铁民<sup>1</sup> 万铁军<sup>1</sup> 刘文波<sup>1</sup> 郭剑平<sup>1</sup> 许文瑶<sup>1</sup> 侯霁轩<sup>1</sup> 马 玄<sup>2</sup>

(1. 中车长春轨道客车股份有限公司国家轨道客车工程研究中心, 130062, 长春;

2. 中车长春轨道客车股份有限公司科技管理部, 130062, 长春)

**摘 要** [目的] 市域轨道交通车辆是为了适配市域轨道交通线路而全新设计开发的车型, 其使用环境、线路参数及车辆配置同高速铁路动车组、城市轨道交通车辆相比均有所区别。有必要对市域轨道交通车辆的修程模式开展研究。

[方法] 从平衡车辆的可靠性和经济性角度出发, 提出了适合市域轨道交通车辆的修程模式。对比分析了相关标准对市域轨道交通车辆修程的要求, 并将这些要求作为制定其修程模式的首要参考条件。调研了我国已投入运营的4条市域轨道交通线路的车辆运用情况, 获得这些线路实际的车辆修程数据。以其中的2条线路为例, 对实际线路的RAMS (可靠性、可用性、可维护性和安全性) 数据与零部件寿命的匹配性进行分析, 从安全性、经济性和设备寿命匹配等角度, 对车辆修程制度进行了综合衡量。[结果及结论] 市域轨道交通车辆修程的制定, 须同时考虑零部件使用寿命的2个强相关因素——运用时间和运用里程, 并选取二者匹配性最优的修程模式。市域轨道交通车辆日常运用修分为2个级别: 列检(一级修)、以运用时间或运用里程为考量指标的月检(二级修)。高级修则分为定修-架修-大修系列, 或分为三级修-四级修-五级修系列。

**关键词** 市域轨道交通; 车辆; 修程模式

**中图分类号** U279.1

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2025.02.008

## Research on Maintenance Modes of City Rail Transit Vehicles

WANG Tiemin<sup>1</sup>, WAN Tiejun<sup>1</sup>, LIU Wenbo<sup>1</sup>, GUO Jianping<sup>1</sup>, XU Wenyaoyao<sup>1</sup>, HOU Jixuan<sup>1</sup>, MA Xuan<sup>2</sup>

(1. National Engineering Research Center of Railway Vehicles, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China; 2. Science and Technology Management Department, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China)

**Abstract** [Objective] City rail transit vehicles are specifically designed and developed models to adapt to city rail transit lines, differing in operational environment, line parameters, and vehicle configurations from high-speed railway EMU and urban rail transit vehicles. It is essential to conduct research on the maintenance mode for city rail transit vehicles. [Method]

From the perspective of balancing vehicle reliability and economic efficiency, a suitable maintenance mode for city rail transit vehicles is proposed. The requirements for city rail transit vehicle maintenance from relevant standards are compared and analyzed, using these standards as the primary reference for the maintenance mode formulation. The operational status of vehicles on four launched city rail transit lines in China is surveyed to obtain actual vehicle maintenance data. Two of these lines are selected as examples for analyzing the compatibility of their actual RAMS (reliability, availability, maintainability, and safety) data with component lifespans. The vehicle maintenance system is comprehensively evaluated from the perspectives of safety, economic efficiency, and equipment lifespan compatibility. [Result & Conclusion] The formulation of maintenance schedules for city rail transit vehicle must consider two key factors closely related to component lifespans: operating time and mileage. The maintenance mode with optimal compatibility between these two factors should be selected. Routine operational maintenance of city rail transit vehicle is divided into two levels: train inspection (Level 1) and monthly inspection (Level 2), which uses operating time or mileage as assessment indicators. The advanced maintenance mode is categorized into a series of schedule maintenance, medium and major overhauls, or into a Level 3, Level 4, and Level 5 maintenance series.

**Key words** city rail transit; vehicle; maintenance mode

习近平总书记于2022年4月26日在中央财经委员会第十一次会议中提出:“要加强城市基础设施建设, 打造高品质生活空间, 推动城市群交通一体化, 建设便捷高效的城际铁路网, 发展市域(郊)铁路和城市轨道交通, 推动建设城市综合道路交通运输体系”。随着这一要求的部署和落实, 我国的市域轨道交通运营线路数及线路总长度持续增加, 市域轨道交通车辆的市场占有率随之逐年攀升。如何制订安全、合理、经济的市域轨道交通车辆修程, 是摆在轨道交通从业者面前的新课题。本文分别从

相关标准对修程的要求、实际运营线路数据、RAMS (可靠性、可用性、可维护性和安全性) 相关参数与车辆修程模式的关系等角度开展研究,以期得到适合市域轨道交通车辆的修程模式。

## 1 相关标准对市域轨道交通车辆修程的要求

### 1.1 TB 10624—2020《市域(郊)铁路设计规范》

TB 10624—2020 对市域轨道交通车辆的修程规定如下:“车辆检修应实行计划性预防修和状态修相结合的检修制度。车辆修程可分为列检、双周检、三月检、定修、架修和大修,也可以分为一、二、三、四、五级修。”

根据 TB 10624—2020,计划修和状态修这 2 种修程模式都适用于市域轨道交通车辆,并没有针对具体的线路环境对修程模式进行划分。

### 1.2 CJJ/T 314—2022《市域快速轨道交通设计标准》

CJJ/T 314—2022 对市域轨道交通车辆的修程规定如下:“车辆检修宜采用日常维修和定期维修相结合的检修制度,车辆日常维修和定期检修的修程和周期应根据车辆技术条件、车辆质量和既有车辆基地的检修经验确定。”

CJJ/T 314—2022 对市域轨道交通车辆的检修修程和检修周期进行了明确要求,如表 1 所示。

表 1 CJJ/T 314—2022 对市域轨道交通车辆的修程要求

Tab. 1 CJJ/T 314—2022 Maintenance requirements for city rail transit vehicles

修程	运用里程/(万列 km)	停修时间/d	库停时间/d
大修	150.000 ~ 240.000	36.0	30.0
架修	75.000 ~ 120.000	24.0	18.0
定修	15.000 ~ 20.000	7.0	6.0
三月检	3.750	2.0	2.0
双周检	0.625	0.5	0.5

注:除表内修程外,市域轨道交通车辆还有列检。列检是以运用时间来划分的修程,每 2 d 实施一次列检。每次列检的停修时间为 2 h,库停时间为 2 h。

### 1.3 T/CCES 2—2017《市域快速轨道交通设计规范》

T/CCES 2—2017 对市域轨道交通车辆的修程规定如下:“车辆应采用日常维修和定期检修相结合的检修制度,检修修程和周期应按配置车型确定。市域 A、B 型车辆修程宜分为列检、双周检、三

月检、定修、架修和大修,市域 D 型车辆修程宜分为一、二、三、四、五级修。”

T/CCES 2—2017 明确将市域轨道交通车辆修程分为定期检修和日常维修 2 种模式,检修周期设定参考了运用里程、运用时间 2 个参数,检修只需满足其中 1 个参数即可实施。T/CCES 2—2017 对市域轨道交通 A 型车、B 型车修程的要求如表 2、表 3 所示,对市域轨道交通 D 型车修程的要求如表 4、表 5 所示。

表 2 T/CCES 2—2017 对市域轨道交通 A 型车、B 型车定期检修的要求

Tab. 2 T/CCES 2—2017 Requirements for regular maintenance of A-type and B-type vehicles in city rail transit

定期检修修程	检修周期参考指标		检修时间/d
	运用里程/(万列 km)	时间间隔/年	
大修	120 ~ 150	8.00 ~ 10.00	35
架修	60 ~ 75	4.00 ~ 5.00	20
定修	15 ~ 20	1.00 ~ 1.25	8

表 3 T/CCES 2—2017 对市域轨道交通 A 型车、B 型车日常检修的要求

Tab. 3 T/CCES 2—2017 Requirements for daily maintenance of A-type and B-type vehicles in city rail transit

日常检修修程	检修周期参考指标		检修时间/d
	运用里程/(万列 km)	时间间隔/d	
三月检	3.0 ~ 4.0	90	2.0
双周检	0.5 ~ 0.6	15	0.5
列检		1 ~ 2	

表 4 T/CCES 2—2017 对市域轨道交通 D 型车定期检修的要求

Tab. 4 T/CCES 2—2017 Requirements for regular maintenance of D-type vehicles in city rail transit

定期检修修程	检修周期参考指标		检修时间/d
	运用里程/(万列 km)	时间间隔/年	
五级修	180 ~ 240	12	45
四级修	90 ~ 120	6	35
三级修	45 ~ 60	3	15

### 1.4 T/CRS C0101—2017《市域铁路设计规范》

T/CRS C0101—2017 对市域轨道交通车辆修程的规定如下:“车辆应采用日常维修和定期检修相结合的检修制度,检修修程和周期应按配置车型

表5 T/CCES 2—2017 对市域轨道交通 D 型车日常检修的要求

Tab. 5 T/CCES 2—2017 Requirements for daily maintenance of D-type vehicles in city rail transit

日常检修 修程	检修周期参考指标		检修时间/h
	运用里程/(万列 km)	时间间隔/d	
二级修	1.50 ~ 20.00	30 ~ 365	8
一级修	0.15	2	2

确定。市域窄体车的车辆修程宜分为列检、双周检、三月检、定修、架修和大修,市域宽体车的车辆修程宜分为一、二、三、四、五级修。”

T/CRS C0101—2017 对市域轨道交通窄体车辆(车体宽度为 2 800 ~ 3 000 mm)检修要求如表 6、表 7 所示,对宽体车辆(车体宽度为 3 300 mm)的检修要求如表 8、表 9 所示。

表6 T/CRS C0101—2017 对市域轨道交通窄体车辆定期检修的要求

Tab. 6 T/CRS C0101—2017 Requirements for regular maintenance of narrow-body vehicles in city rail transit

定期维修 修程	检修周期参考指标		检修时间/d
	运用里程/(万列 km)	时间间隔/年	
大修	120 ~ 150	8.00 ~ 10.00	35
架修	60 ~ 75	4.00 ~ 5.00	20
定修	15 ~ 20	1.00 ~ 1.25	8

表7 T/CRS C0101—2017 对市域轨道交通窄体车辆日常检修的要求

Tab. 7 T/CRS C0101—2017 Requirements for daily maintenance of narrow-body vehicles in city rail transit

日常维修 修程	检修周期参考指标		检修时间/d
	运用里程/(万列 km)	时间间隔/d	
三月检	3.00 ~ 4.00	90	2.0
双周检	0.50 ~ 0.60	15	0.5
列检		1 ~ 2	

以上各标准对市域轨道交通车辆的修程规定较为相似但又各有不同。这些标准虽然不是强制执行标准,但有一定的借鉴意义。通过对以上标准的对比分析,本文认为:

1) 大多数标准支持 2 种修程模式并行,根据具体车型和线路情况进行区分。

2) 修程的类别总体分为日常维修和定期维修 2 类。

表8 T/CRS C0101—2017 对市域轨道交通宽体车辆定期检修的要求

Tab. 8 T/CRS C0101—2017 Requirements for regular maintenance of wide-body vehicles in city rail transit

定期检修 修程	检修周期参考指标		检修时间/d
	运用里程/(万列 km)	时间间隔/年	
五级修	180 ~ 240	12.00	45
四级修	90 ~ 120	6.00	35
三级修	45 ~ 60	3.00	15

表9 T/CRS C0101—2017 对市域轨道交通宽体车辆日常检修的要求

Tab. 9 T/CRS C0101—2017 Requirements for daily maintenance of wide-body vehicles in city rail transit

日常维修 修程	检修周期参考指标		检修时间/h
	运用里程/(万列 km)	时间间隔/d	
二级修	1.50 ~ 20.00	30 ~ 365	8.0
一级修	0.15	2	2.0

3) 定期维修又称为高级修,可进一步细分为定修、架修、大修,或者细分为三级修、四级修、五级修。

4) 日常维修通常分为 2 个级别:一是列检(一级修);二是基于运用时间或运用里程考量的双周检、月检(二级修)。

## 2 实际运营线路的车辆修程数据分析

选取我国 4 条已投入运营的市域轨道交通线路(线路 1、线路 2、线路 3 及线路 4),选取这 4 条线路的实际车辆修程数据,进行更为深入的分析研究。

### 2.1 线路 1 的车辆运用及修程

线路 1 全线约 55 km,车辆采用市域 D 型车。车辆运用修采用双日检和月检相结合模式,高级修采用架大修模式,首次高级修为 4.00 年或 80 万 km,年运用里程约为 22 万列 km。

### 2.2 线路 2 的车辆运用及修程

线路 2 全线约 42 km,车辆采用市域 D 型车。车辆运用修采用双日检和月检相结合模式,高级修采用一级修至五级修模式,首次高级修为 3.75 年或 120 万 km,年运用里程约为 35 万列 km。

### 2.3 线路 3 的车辆运用及修程

线路 3 全线约 63 km,车辆采用市域 D 型车。车辆运用修采用双日检和月检相结合模式,高级修采用架大修模式,首次高级修为 3.75 年或 120 万 km,年运用里程约为 30 万列 km。



## 2.4 线路4的车辆运用及修程

线路4 全线约 82 km, 车辆采用市域 A 型车。车辆运用修采用三日检和月检相结合模式, 高级修采用架大修模式, 首次高级修为 5.00 年或 120 万 km, 年运用里程约为 25 万列 km。

对比这 4 条市域轨道交通线路车辆的检修修程和检修周期可知:

1) 所有线路均将修程分为日常运用修和高级修;

2) 日常运用修分为 2 个级别, 分别是列检(一级修)、运用时间或运用里程的月检(二级修);

3) 高级修可以采用架大修, 也可以采用一级修至五级修, 应根据具体车型和线路实际情况确定其检修模式。

## 3 RAMS 相关参数与车辆修程模式的关系

RAMS 的可靠性、可维护性和安全性是由设计方案决定的, 设备的后期维护只能维持其性能水平, 并不能改善其性能。用设备可用性  $A$  表征设备实际运营时间与设备可投用时间的比值, 其计算式为:

$$A = t_{\text{MU}} / (t_{\text{MU}} + t_{\text{MD}}) \quad (1)$$

式中:

$t_{\text{MU}}$ ——设备的平均可用时间;

$t_{\text{MD}}$ ——设备的平均不可用时间。

$t_{\text{MD}}$ 由 2 个部分构成: 可预料的不可用时间(即预防性维修时间)和不可预料的不可用时间(即修复性维修时间)。本文研究的市域轨道交通车辆修程模式即市域轨道交通车辆的预防性维修, 其停修时间是影响车辆可用性的重要因素。以车辆年运用里程 30 万列 km 为例, T/CCES 2—2017 规定的全寿命周期停机时间为 1 150.5 d, CJJ/T 314—2022 规定的全寿命周期停机时间为 1 152.0 d, T/CRS C0101—2017 规定的全寿命周期停机时间为 1 205.5 d。

统计线路 1—线路 4 车辆在全寿命周期内预防性维修的停机时间, 其结果如图 1 所示。

由以上分析可知: 影响车辆可用性的停机时间取决于车辆的维修周期和维修任务量, 与检修模式关系不大。而真正影响维修周期和维修任务量的因素是车辆的可靠性和故障率, 这 2 个因素由设计方案和车辆运用环境决定, 因此, 采用何种检修模式, 与 RAMS 相关参数的关系不大。

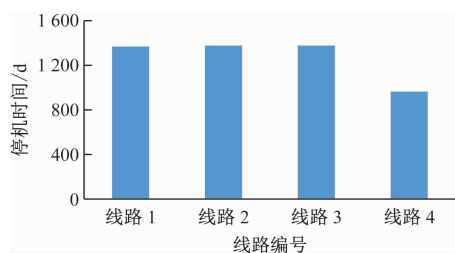


图1 4条市域轨道交通线路车辆在全寿命周期内的预防性维修停机时间

Fig. 1 Preventive maintenance downtime of vehicles on 4 city rail transit lines throughout their entire lifespan

## 4 零部件寿命与修程的匹配性

零部件的使用寿命是影响修程的重要因素, 不同车辆系统零部件的使用寿命有所不同。如何平衡各系统零部件的寿命, 使修程更为科学、合理, 是一个非常重要的研究课题。修程与零部件使用寿命的匹配性越好, 则车辆维修的经济性越好。本文以线路 2(采用一级修至五级修)、线路 4(采用架大修)为例, 对车辆修程与零部件使用寿命的关系进行分析。

图 2 为线路 2 三级修维修任务占比情况。三级修类似于架大修的定修。由图 2 可知: 三级修主要是对转向架和牵引系统进行维修, 维修大多集中在车辆构架和轴承的零部件上。这些维修件的特点是存在相对运动, 其维修周期与运用里程密切相关。以运用时间为主考量修程的零部件, 主要包括车门、车窗、车钩、旅客信息设施、驾驶设施、贯通道设施、网络及辅助监控设施等, 这些零部件在三级修阶段尚未达到零部件的寿命期限, 不需要进行检修。类似图 3 所示运用时间和运用里程匹配不佳的情况, 主要是由于年运用里程较高造成的。

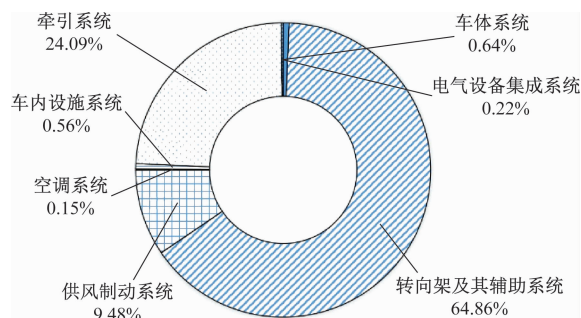


图2 线路2三级修维修任务占比情况

Fig. 2 Proportion of Level 3 maintenance tasks for Line 2

图 3 是线路 2 四级修维修任务占比情况。四级

修基本与架大修模式的架修对应。由图3可知:四级修主要是对转向架、牵引、制动、空调等系统进行维修,其余系统也有一定的维修任务;与三级修相比,四级修各系统的维修任务比较均匀;维修间隔方面,以运用里程为主考量的部件和以运用时间为主考量的部件在维修周期上的匹配性较高。

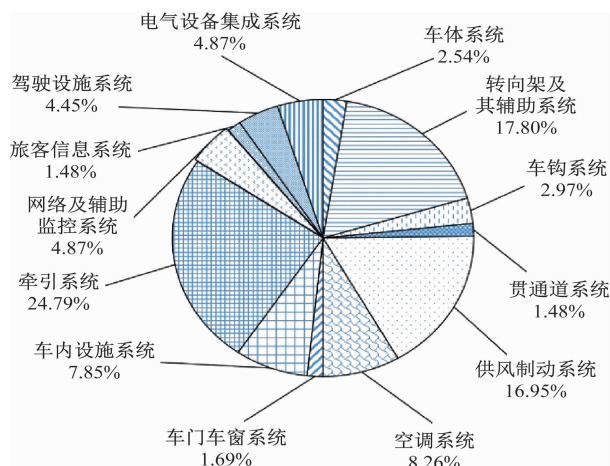


图3 线路2车辆四级修维修任务占比情况

Fig.3 Proportion of Level 4 maintenance tasks for Line 2 vehicles

图4是线路2五级修维修任务占比情况。五级修基本与架大修模式的大修对应。由图4可知:对全车部件而言,五级修的任务不仅涵盖了三级修和四级修的内容,还增加了全车所有零部件更深入的高级修任务;以运用里程为主考量的部件和以运用时间为主考量的部件在维修周期上的匹配性很高。

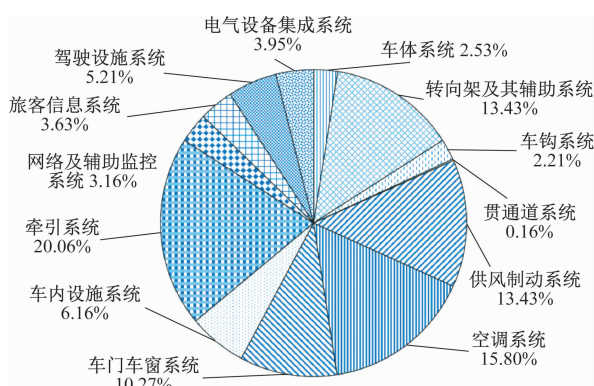


图4 线路2车辆五级修维修任务占比情况

Fig.4 Proportion of Level 5 maintenance tasks for Line 2 vehicles

图5是线路4的架修任务占比情况。对全车而言,以运用里程为主要影响因素的零部件和以运用时间为主要影响因素的零部件维修任务占比比较

均衡。

图6是线路4的大修任务占比情况。与图5相比,图6中以运用里程为主要影响因素的零部件和以运用时间为主要影响因素的零部件维修任务占比更为均衡。

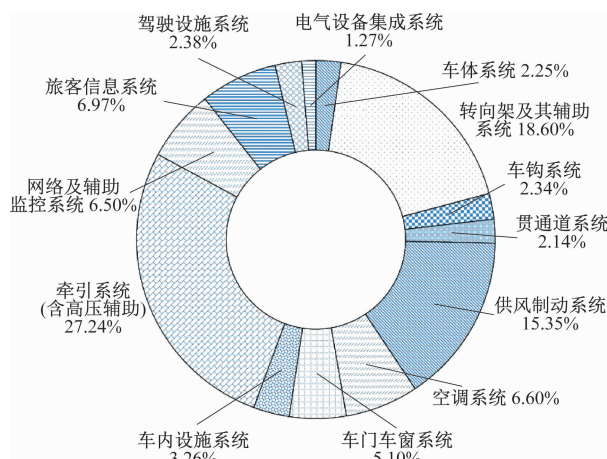


图5 线路4车辆架修任务占比情况

Fig.5 Proportion of framework maintenance tasks for Line 4 vehicles

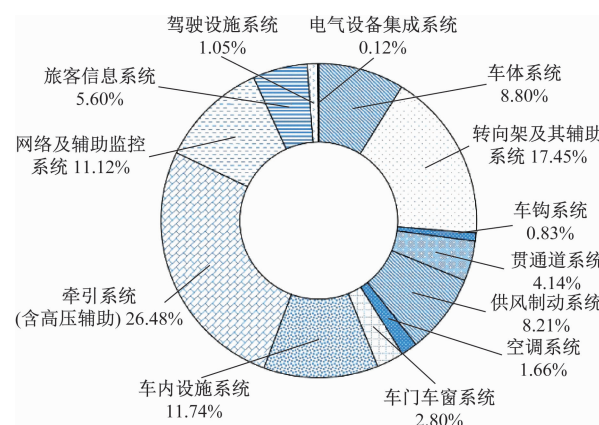


图6 线路4车辆大修任务占比情况

Fig.6 Proportion of major overhaul tasks for Line 4 vehicles

## 5 结语

市域轨道交通车辆的日常运用修分为2个级别:列检(一级修)、以运用时间和运用里程为考量指标的月检(二级修)。高级修则分为定修-架修-大修系列,或分为三级修-四级修-五级修系列。这些修程的制定,需要同时考虑零部件使用寿命的2个强相关因素——运用时间和运用里程,并选取二者匹配性最优的修程模式。这2种修程模式并不矛盾,可根据车辆运用环境和线路条件等实际情况进行合理匹配。

(下转第47页)

- 连: 大连交通大学, 2023.
- LIU Benmo. Simulation analysis and optimization design of metro car body strength [D]. Dalian: Dalian Jiaotong University, 2023.
- [6] 王亚男. 时速 400 km 动车组车体侧墙焊接模拟仿真及变形控制研究[J]. 电焊机, 2018, 48(11): 94.
- WANG Ya'nan. Study on welding deformation control and simulation of EMU vehicle side wall at 400 km/h[J]. Electric Welding Machine, 2018, 48(11): 94.
- [7] 曲双, 王亚男, 鲍洪阳. 轨道交通整体承载式铝合金车辆车体挠度的预制方法及试验研究[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(2): 31.
- QU Shuang, WANG Ya'nan, BAO Hongyang. Prefabrication method and experimental study of rail transit integral load-bearing aluminum alloy car body deflection[J]. Urban Mass Transit, 2022, 25(2): 31.
- [8] 王亚男, 刘松, 鲍洪阳, 等. 铝合金轨道车辆不同枕梁结构的焊接变形机理及差异性分析[J]. 电焊机, 2024, 54(4): 148.
- WANG Ya'nan, LIU Song, BAO Hongyang, et al. Analysis of welding deformation mechanism and differences in different sleeper beam structures of aluminum alloy rail vehicles[J]. Electric Welding Machine, 2024, 54(4): 148.
- [9] 耿明, 王亚男, 肖宇, 等. CR400BF 动车组车体端墙焊接模拟仿真与变形控制研究[J]. 电焊机, 2024, 54(3): 99.
- GENG Ming, WANG Ya'nan, XIAO Yu, et al. Study on welding deformation control and simulation for end wall of CR400BF EMU[J]. Electric Welding Machine, 2024, 54(3): 99.
- [10] 蒙波, 陈蓉. 轨道车辆铝合金车体焊接变形控制研究[J]. 内燃机与配件, 2019(11): 124.
- MENG Bo, CHEN Rong. Study on welding deformation control of aluminum alloy car body of rail vehicle[J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2019(11): 124.
- [11] 王甫燕. 铝合金地铁车辆底架结构焊接变形控制[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
- WANG Fuyan. Welding deformation control of aluminum alloy subway vehicle underframe structure[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2016.
- 收稿日期:2024-08-05 修回日期:2024-09-05 出版日期:2025-02-10  
Received:2024-08-05 Revised:2024-09-05 Published:2025-02-10  
· 通信作者:王亚男,高级工程师, wangyn16041226@sina.com  
· ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

## (上接第 41 页)

本文仅对市域轨道交通车辆维修的基础模式进行了论述。随着车辆维修技术的发展,部分市域轨道交通线路若条件成熟,也可以尝试开展智能运维和 AI(人工智能)等智能技术加持的检修工作,使车辆检修技术和检修模式向更先进的方向发展。

## 参考文献

- [1] 李加祺, 邱建平, 杨辉, 等. 市域铁路车辆检修模式及检修设施探讨[J]. 中国铁路, 2018(8): 83.
- LI Jiaqi, QIU Jianping, YANG Hui, et al. Research on mode and facility of vehicle maintenance in suburban railway[J]. China Railway, 2018(8): 83.
- [2] 邵来. 市域市郊铁路车辆选型与运用检修模式研究[J]. 中国科技信息, 2021(7): 68, 71.
- SHAO Lai. Study on selection and operation maintenance mode of railway vehicles in suburb of city[J]. China Science and Technology Information, 2021(7): 68, 71.
- [3] 周再玲, 刘致远, 龚辉波, 等. 城市轨道交通车辆大架修灵活工艺设计[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(1): 219.
- ZHOU Zailing, LIU Zhiyuan, GONG Huibo, et al. Flexible process design for urban rail transit vehicle overhaul[J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(1): 219.
- [4] 黄涛, 张正远, 史时喜. 城市轨道交通车辆均衡检修制度
- 和计划性检修制度对比分析[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(3): 211.
- HUANG Tao, ZHANG Zhengyuan, SHI Shixi. Comparative analysis of balanced maintenance system and scheduled maintenance system for urban rail transit vehicle[J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(3): 211.
- [5] 贾小平, 朱程, 戴焕云, 等. 地铁车辆车轮磨耗和镟修策略研究[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(5): 127.
- JIA Xiaoping, ZHU Cheng, DAI Huanyun, et al. Research on metro vehicle wheel wear and reprofiling strategy[J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(5): 127.
- [6] 张春麟. FMECA(故障模式、影响及危害性分析)分析法在车辆检修规程中的应用[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(增刊 1): 93.
- ZHANG Chunlin. Application of FMECA analysis method in vehicle maintenance procedures[J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(S1): 93.
- 收稿日期:2024-08-05 修回日期:2024-09-05 出版日期:2025-02-10  
Received:2024-08-05 Revised:2024-09-05 Published:2025-02-10  
· 通信作者:王铁民,高级工程师, WTM\_CRRRC@163.com  
· ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license