

城市轨道交通车辆均衡修检修制度和 计划性检修制度对比分析*

黄涛 张正远 史时喜

(中铁第一勘察设计院集团有限公司环境与设备设计院, 710043, 西安)

摘要 [目的] 为了尽可能降低城市轨道交通车辆购置费和运维成本,我国部分城市目前已开展均衡修检修制度,因此有必要将车辆均衡修检修制度和原有计划性检修制度进行对比分析。[方法] 以重庆轨道交通为例,分别介绍了两种检修制度下的检修修程和检修周期,并对两种检修制度下的车辆上线率和检修列位进行了对比分析。[结果及结论] 相较传统计划性检修制度,均衡修检修制度下每列列车每年扣车时间减少了 19 d,且所需检修列位数增加了 18.5%。结果表明,城市轨道交通车辆均衡修检修制度更为合理。

关键词 城市轨道交通; 车辆; 均衡修检修制度; 计划性检修制度

中图分类号 U279.1

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.03.039

Comparative Analysis of Balanced Maintenance System and Scheduled Maintenance System for Urban Rail Transit Vehicle

HUANG Tao, ZHANG Zhengyuan, SHI Shixi

(Environment and equipment design Department, China railway first survey and design institute group Co., Ltd., 710043, Xi'an, China)

Abstract [Objective] In order to reduce the purchase cost and operation and maintenance cost of urban rail transit vehicles as much as possible, balanced maintenance system is adopted in some cities in China. Therefore, it is necessary to make comparative analysis on the balanced maintenance system and the traditional scheduled maintenance system. [Method] With the urban rail transit in Chongqing as an example, the maintenance process and maintenance cycle under two maintenance systems are introduced respectively, and the vehicle online rate and maintenance position amount under two maintenance systems are compared and analyzed. [Result & Conclusion] Compared with the traditional scheduled maintenance system, the annual detention time of each train under the balanced maintenance system is reduced by 19 days, and the number of re-

quired maintenance position is increased by 18.5%. The result shows that the balanced maintenance system for urban rail transit vehicles is more reasonable.

Key words urban rail transit; vehicle; balanced maintenance system; scheduled maintenance system

我国城市轨道交通线路运营长度的不断增长,以及轨道交通线网的急速扩张,导致车辆购置费和运维成本急速增加。据调查,城市轨道交通车辆运维成本占整个城市轨道交通运维成本的比例超过 30%^[1]。各城市轨道交通建设运营单位为了尽可能降低车辆购置费和运维成本,均已开始探索一种更加先进的车辆检修制度。

目前,我国各地城市轨道交通公司根据自身设备质量状态、管理模式、故障信息管理系统等因素选择了不同的检修制度,逐步形成了窗口维修、均衡修、全效修或系统修等维修思路,有效提高了车辆上线率。如:南京地铁采用了全效修,广州地铁采用了系统修,成都、重庆轨道交通采用了均衡修。据统计,自 2014 年 12 月底,重庆轨道交通 1、6 号线所属列车实现均衡修至今,车辆上线率从原有的 80% 左右提高到了现有的 91% 的水平^[2]。

本文以重庆轨道交通采用的车辆均衡修检修制度为例,分析探讨均衡修检修制度与传统计划性检修制度下车辆上线率与检修列位方面的差异。

1 车辆计划性检修制度和均衡修检修制度概述

1.1 计划性检修制度

1) 检修修程。我国城市轨道交通现行的主要检修制度有两种:一种为预防计划性定期维修模式,另一种为故障维修模式。计划性检修制度是以车辆运营时间或运行里程为依据,对车辆各级子系

* 2020 年陕西省重点研发计划项目(2020GY-182)

统按照检修程划分为不同等级的修程制度。故障修是指正线运营车辆发生故障后,组织车辆回库而进行的故障修复性维修,属于“事后故障维修”。计划性检修制度各级修程主要分为大修、架修、定修、三月检、双周检、列检。

2) 检修周期。根据 GB 50157—2013《地铁设计规范》,计划性检修制度下车辆的检修修程和检修周期详见表 1。

表 1 计划性检修制度下车辆的检修修程和检修周期
Tab.1 Vehicle maintenance process and cycle under scheduled maintenance system

检修修程	走行里程/ 万 km	检修周期	检修时间/d	是否扣车
大修	120.0	10 年	35.0	是
架修	60.0	5 年	20.0	是
定修	15.0	1.25 年	7.0	是
三月检	3.0	0.25 年	2.0	是
双周检	0.5	0.5 月	0.5	是
列检		每 1 d 或每 2 d		否

1.2 均衡修检修制度

重庆轨道交通 B 型车采用均衡修检修制度,依据车辆厂商提供的列车各零部件设计的使用寿命,通过统筹原检修制度中双周检、三月检及定修中的修程内容,将此三级修程的检修内容分散到每个月进行,形成了各级检修修程为列检、均衡修(系统修、专项修)、架修、大修的检修制度。重庆轨道交通采用的均衡修检修制度仍属于计划性检修制度,但相较传统的计划性检修制度,其在检修修程上存在较大区别。

均衡修中的列检、架修、大修与计划性检修修程一致。均衡修检修制度中,系统修开展的检修项目主要为工作量小以及可以分散的作业项目,以检查、检测为主,每年进行 24 次。系统修利用列车正常运营的空闲时间,即早高峰入库和晚高峰出库之间进行,列车不需要扣车下线。专项修开展的检修项目主要是工作量较大或不宜分散的作业项目,以互换、给油、动调为主,共设置三种修程,列位需要扣车下线。

1.2.1 检修修程和检修周期

1.2.1.1 系统修

系统修的运营时间间隔为 (15 ± 3) d,每年计划

24 次系统修。系统修 1—系统修 24 的检修内容含

有部分常规检修内容和系统检修内容。

1.2.1.2 专项修

专项修主要分为专项修 1、专项修 2 及专项修 3 等 3 种,主要为针对性地完成部分检修项目。其主要内容包括每年车辆空调保养、蓄电池 1 年检、止回阀、安全阀、空气压缩机机油、压力开关、制动系统阀类更换和维修等。

1) 专项修 1:走行里程为 12 万~18 万 km,或运营时间间隔不超过 1 年;专项修 1 的一般检修时间为 2 个工作日。

2) 专项修 2:走行里程为 25 万~30 万 km,或专项修 1 的运营时间间隔不超过 1 年;专项修 2 的一般检修时间为 2 个工作日。

3) 专项修 3:走行里程为 40 万~50 万 km,或专项修 2 的运营时间间隔不超过 1 年;专项修 3 的一般检修时间为 5 个工作日。

1.2.2 检修周期

均衡修检修制度下车辆的检修修程和检修周期见表 2。

表 2 均衡修检修制度下车辆的检修修程和检修周期
Tab.2 Vehicle maintenance process and cycle under balanced maintenance system

检修修程	走行里程/ 万 km	检修周期	检修时 间/d	是否扣车	
大修	120	10 年	35	是	
架修	60	5 年	20	是	
专项修	专项修 3	40 ~ 50	3 年	5	是
	专项修 2	25 ~ 30	2 年	2	是
	专项修 1	12 ~ 18	1 年	2	是
系统修		15 d		否	
列检		每 1 d 或 每 2 d		否	

2 车辆均衡修检修制度与计划性检修制度对比分析

2.1 车辆上线率

重庆轨道交通 B 型车的检修制度由原先的传统计划性检修制度转变为均衡修检修制度后,在同样保证车辆检修的及时性和完整性下,车辆运营故障率并未上升,也未因实行新的修检修制度而引起车辆故障。

车辆日常检修充分利用了列车的运营空闲时

间,在检修任务量相同的情况下,有效减少了列车扣车时间。在均衡修(系统修+专项修)检修制度下,除架修和大修外,仅专项修需扣车下线。专项修分为专项修1、专项修2及专项修3。根据运营时间间隔计算,每列列车每3年进行1次专项修1、1次专项修2、1次专项修3,从而得出每3年每列列车共需扣车9 d。根据计算,每列列车每年因检修(只计算了专项修修程,未计算架修和大修的修程)而扣车的时间平均值为3 d。

按照原有计划性检修制度,双周检、三月检及定修均需扣车。根据运营时间间隔计算,每列列车每1.25年进行1次定修、4次三月检、25次双周检,从而得出每1.25年每列列车共需扣车27.5 d。根据计算,在计划性检修制度下平均每列列车每年因检修(只计算了双周检、三月检及定修的修程,未计算架修和大修的修程)而扣车的时间为22.0 d。因此,均衡修检修制度相比于原有计划性检修制度,扣车时间减少了19.0 d,从而在一定程度上提高了车辆上线率。

2.2 检修列位

2.2.1 计划性检修制度下的检修列位计算

在计划性检修制度中,可根据运营时间间隔计算出各级修程下的检修任务量,从而得到各级修程所需检修列位。

各级修程下检修任务量的计算公式为:

$$L = \frac{N}{C} - M \tag{1}$$

式中:

- L ——各级修程检修任务量;
- N ——配属列车数;
- C ——各级修程下的运营时间间隔;
- M ——高级修程下所有检修任务量之和,如计算架修任务量,则 M 为大修任务量;如计算定修任务量,则 M 为大修任务量+架修任务量,以此类推。

各级修程下检修列位数的计算公式为:

$$H = \frac{aLT}{b} \tag{2}$$

式中:

- H ——各级修程检修列位数;
- a ——检修不平衡系数,大修、架修及定修时取1.1,三月检和双周检时取1.2;
- T ——各级修程检修时间;
- b ——一年工作日总和,取250 d。

式(2)中的 a 未考虑临修列位。

假定在 N 为1列的情况下,根据式(1)和式(2)计算出计划性检修制度的各级修程下检修的任务量和列位数(见表3)。

表3 计划性检修制度下的检修任务量和列位数
Tab.3 Maintenance load and maintenance position amount under scheduled maintenance system

检修修程	任务量/(列/年)	列位数/列位
大修	0.1	0.015 40
架修	0.1	0.008 80
定修	0.6	0.018 48
三月检	3.2	0.030 72
双周检	20.0	0.048 00

2.2.2 均衡修检修制度下的检修列位计算

均衡修检修制度可以参照计划性检修制度的计算公式。其中,大修和架修的检修任务量和列位数未发生改变,不再重复计算。

假定在 N 为1列的情况下,根据式(1)和式(2)计算出各级修程下检修的任务量和列位数(见表4)。

表4 均衡修检修制度下的检修任务量和列位数
Tab.4 Maintenance load and maintenance position amount under balanced maintenance system

检修修程	任务量/(列/年)	列位数/列位
专项修3	0.133 333	0.002 93
专项修2	0.166 667	0.011 47
专项修1	0.500 000	0.004 40
系统修	23.000 000	0.110 40

注:检修不平衡系数在专项修中取1.1,系统修中取1.2;检修列位数对比时,仅比较了变化的修程,大修、架修修程以及临修未参与比较。

2.2.3 两种检修制度下的检修列位对比

两种检修制度下,大修、架修修程均相同,因此在列位数对比时均不考虑大修、架修列位数。系统修检修时列车不需扣车下线,但考虑到进行该检修时需要使用检修列位,因此在列位数对比时需将系统修所需列位数一同进行比较。

均衡修检修制度下所需列位数(包括系统修、专项修1、专项修2及专项修3)为0.119 2,大于计划性检修制度下的列位数(包括定修、三月检及双周检)为0.097 2。在城市轨道交通建设时,设计单位根据GB 50157—2015进行列位计算,可能出现

不满足均衡修检修制度下所需列位数。通过数据对比,均衡修检修制度下所需检修列位数比计划性检修制度下的检修列位数大 18.5%。

3 结语

1) 通过均衡修(系统修+专项修)检修制度与传统计划性(双周检+三月检+定修)检修制度扣车时间的对比,均衡修检修制度下每列列车每年减少扣车时间为 19 d,从而提高了车辆上线率。车辆上线率的提高,可以在相同的运营服务水平下,减少车辆购置费。

2) 通过均衡修检修制度下所需检修列位的计算结果不难发现,其与传统计划性检修制度下所需的检修列位不吻合。因此,在城市轨道交通建设时,设计单位使用计划性检修制度进行检修列位计算,可能不满足均衡修检修制度下的运营使用。建议后续各城市进行轨道交通建设时,设计单位应根据各城市所采用的检修制度进行检修列位计算;或各地方政府及时出台采用均衡修检修制度的地铁设计规范,以保障城市轨道交通车辆的正常检修维护。

参考文献

- [1] 万宇. 成都地铁车辆均衡修探讨与应用[J]. 铁道机车车辆, 2017, 37(5): 109.
WAN Yu. Vehicle maintenance system optimization for Chengdu metro[J]. Railway Locomotive & Car, 2017, 37(5): 109.
- [2] 刘炬. 重庆地铁车辆日常维修方式的优化[J]. 铁道机车车辆, 2017, 37(1): 108.
LIU Ju. Optimization of daily maintenance mode for Chongqing rail transit vehicles[J]. Railway Locomotive & Car, 2017, 37

(1): 108.

- [3] 郭新, 李春广, 黄挺, 等. 地铁车辆检修模式探讨[J]. 城市轨道交通研究, 2015, 18(4): 5.
GUO Xin, LI Chunguang, HUANG Ting, et al. Application of subway vehicle maintenance model[J]. Urban Mass Transit, 2015, 18(4): 5.
- [4] 邢海福, 郭正海. 杭州地铁车辆“均衡修”维修模式研究与实践[J]. 现代城市轨道交通, 2020(2): 21.
XING Haifu, GUO Zhenghai. Research and practice of Balanced Repair maintenance mode for metro vehicles in Hangzhou[J]. Modern Urban Transit, 2020(2): 21.
- [5] 孙洪亮, 周博. 城市轨道交通车辆维修制度探讨[J]. 城市轨道交通研究, 2017, 20(2): 105.
SUN Hongliang, ZHOU Bo. On metro vehicle maintenance system for urban rail transit[J]. Urban Mass Transit, 2017, 20(2): 105.
- [6] 李兆新, 张海强, 钟璇. 基于状态检测的城市轨道交通车辆全服役期系统性维修研究[J]. 城市轨道交通研究, 2018, 21(8): 138.
LI Zhaoxin, ZHANG Haiqiang, ZHONG Xuan. Systematic maintenance of the whole service cycle of urban rail transit vehicle on detection state[J]. Urban Mass Transit, 2018, 21(8): 138.
- [7] 张波, 卿光毅, 黄德勇. 地铁车辆“精益检修”模式探讨[J]. 城市公共交通, 2020(10): 52.
ZHANG Bo, QING Guangyi, HUANG Deyong. Discussion on the "lean inspection" mode of metro vehicles[J]. Urban Public Transport, 2020(10): 52.

· 收稿日期:2021-09-01 修回日期:2021-12-09 出版日期:2024-03-10
Received:2021-09-01 Revised:2021-12-09 Published:2024-03-10
· 通信作者:黄涛,助理工程师,308933293@qq.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 210 页)

ZHAO Xiaofeng. Comparative study on absolute localization system of urban railway train[J]. Urban Mass Transit, 2015, 18(10): 57.

Received:2021-08-05 Revised:2022-05-21 Published:2024-03-10

· 作者:黄荣光,高级工程师,124153289@qq.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

欢迎订阅《城市轨道交通研究》

服务热线 021—56830728 转 821