

# 基于均衡修的城市轨道交通车辆基地工艺设计\*

付亚超

(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//高级工程师)

**摘要** 从检修修程和检修工艺流程等方面详细阐述了均衡修与《地铁设计规范》中车辆传统检修的差别, 计算并比较了均衡修模式与传统检修模式下的配属车数, 进而确定了基于均衡修的车辆基地设计规模。研究结果表明, 将传统的定修、双周检及三月检等修程调整为均衡修+专项修后, 可有效减少检修用时, 能相应减少全线配车数, 从而缩减车辆基地的设计规模, 降低工程投资。

**关键词** 城市轨道交通; 车辆基地; 车辆检修; 均衡修

**中图分类号** U279

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.08.003

## Process Design of Urban Rail Vehicle Depot Based on 'Balanced Maintenance'

FU Yachao

**Abstract** The differences between balanced maintenance and conventional vehicle maintenance in Metro design code are expounded from the aspects of maintenance procedure and process. The number of allocated vehicles under balanced maintenance mode and conventional maintenance mode is calculated and compared, which further determines the design scale of vehicle base based on balanced maintenance. Research results show that after adjusting the traditional scheduled maintenance, biweekly inspection and seasonal inspection to balanced maintenance+specialized maintenance, the maintenance time can be effectively reduced, and the number of vehicles allocated to the whole line can be reduced accordingly, so as to reduce the design scale of the vehicle base and project investment.

**Key words** urban rail transit; vehicle depot; vehicle maintenance; balanced maintenance

**Author's address** Environment and Equipment Institute, China Railway First Survey & Design Institute Group Co., Ltd., 710043, Xi'an, China

随着我国经济的高速发展, 开通的城市轨道交通(以下简为“城轨”)线路逐步增多, 车辆保有量也增长迅猛, 城轨车辆维保工作面临巨大压力。截至

2020 年底, 我国城轨列车保有量达 8 342 列, 累计投用 384 座车辆段和停车场<sup>[1]</sup>。据不完全统计, 车辆维保成本占全线维保成本三成以上。为进一步提升车辆可靠度和车辆上线率, 中车长春轨道客车股份有限公司、中车南京浦镇城轨车辆有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司等车辆制造厂对车辆检修制度进行了进一步探索和完善<sup>[2-4]</sup>。各地的城轨维保单位也不断探索优化车辆维保模式, 提出了均衡修的检修理念。上海、广州及成都等众多城市相继研究并采用了均衡修的检修制度<sup>[5-7]</sup>。

采用均衡修模式能降低车辆在修时间, 提升车辆可靠度和上线率。为更好地服务, 从顶层设计上提升车辆基地检修工艺水平, 有必要对采用均衡修后的城轨车辆基地工艺设计进行研究和探索。

## 1 均衡修与传统检修的区别

均衡修由传统计划修衍变而来, 基于列车可靠度和零部件故障周期来调整列车检修规程<sup>[8]</sup>, 基于零部件的可靠度检修理念对检修内容和检修时间进行优化, 创造合适的维修条件, 从而大大缩短列车的维修停库时间, 提高列车利用率和运行可靠性, 降低维护成本, 缩小车辆基地建设规模。均衡修的主要目的是提高车辆的可靠度和上线率。

均衡修与《地铁设计规范》中的车辆传统检修(以下简为“规范检修”)存在很大差别。

1) 检修理念不同。规范检修采用预防性维修理念, 在车辆发生故障之前进行维修, 但不能明确故障发生的具体时间或者周期。如预防性维修的检修周期大大短于故障实际发生周期, 则存在过度维修的情况。均衡修以可靠度为基础, 需通过运营经验总结出零部件的故障发生周期, 并根据其可靠度制定检修修程。

2) 检修规程设计的对象不同。规范检修模式

\* 轨道交通工程信息化国家重点实验室(中铁一院)科研项目(院科 20-11)

以整个车辆为单元来编制检修内容及计划。均衡修更关注车辆零部件的故障及其发生的周期。

3)检修地点及检修用时不同。在规范检修模式下,年检、三月检及双周检需分别在定修库及双周三月检库内完成,且不同修程的检修用时也完全

不同;在均衡修模式下,检修工作基本在双周三月检库就能完成,且检修用时相对固定。

1.1 检修修程

均衡修模式与传统检修模式的修程见表 1。

表 1 均衡修模式与传统检修模式的修程  
Tab.1 Procedure of balanced and conventional maintenance

检修修程	走行里程/万 km		检修时间间隔		检修用时/d	
	传统检修模式	均衡修模式	传统检修模式	均衡修模式	传统检修模式	均衡修模式
大修	120	120	10 年	10 年	35	35
架修	60	60	5 年	5 年	20	20
定修及日常维修	15(定修);3(三月检);0.5(双周检)		1.25 年(定修);3 个月(三月检);2 周(双周检)	1 个月(均衡修+专项修)	7(定修);3(三月检);0.5(双周检)	1
列检			1~2 d	1~2 d		

由表 1 可见,在均衡修模式下,传统检修的定修、三月检、双周检等由均衡修+专项修替代。不同维保单位的均衡修内容有所不同。广州地铁 A 型车的均衡修和专项修主要检修内容见表 2<sup>[9]</sup>。

表 2 广州地铁 A 型车的均衡修与专项修检修内容  
Tab.2 Items of balanced and specialized maintenance of Guangzhou Metro type-A vehicle

均衡修检查项目	专项修检查项目
1 月:有节点控制电路、诊断系统。2 月:牵引、辅助系统。3 月:车门。4 月:供风系统、双备份功能。5 月:空调。6 月:转向架、司机室。7 月:有节点控制电路、诊断系统。8 月:牵引、辅助系统。9 月:车门。10 月:供风系统、双备份功能。11 月:转向架。12 月:列车蓄电池的直流充电机、司机室、电机滤网	①蓄电池充放电试验;②试车线功能试验;③车体高度测量;④集电靴高度测量;⑤电机高度周期性测量;⑥电机绝缘测量;⑦滤网电抗器除尘

1.2 检修工艺流程

根据《地铁设计规范》,定修修程属于定期检修,需先将运用车进行扣车,转换为检修车后再利用检修设施进行检修。实施均衡修后,定修内容被分解为若干项均衡修,缩短了车辆检修时间,无需将列车转为检修车,即可利用检修设施进行修程。与传统修相比,均衡修更充分地利用了车辆段内列车日常整备作业设施。实施均衡修后,列车检修作业流程见图 1。

2 均衡修模式对车辆基地设计规模的影响

与传统检修模式相比,均衡修模式下的车辆检修修程和工艺流程变化较大。采用均衡修后,检修

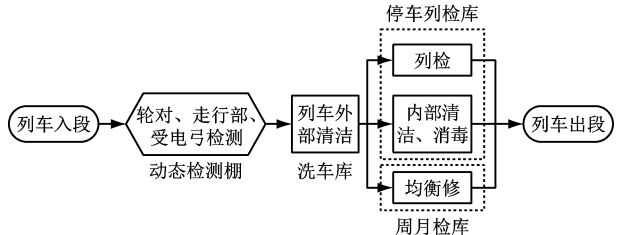


图 1 实施均衡修后的车辆检修作业流程  
Fig. 1 Implementation of vehicle maintenance process after balanced maintenance

车数大幅缩减,对配属车数及车辆基地设计规模产生较大影响。

2.1 配属车数

根据《地铁设计规范》,地铁配属车数  $P_{配}$  为运用车数  $P_{运}$ 、备用车数  $P_{备}$  和检修车数  $P_{检}$  三者之和,即:

$$P_{配} = P_{运} + P_{备} + P_{检} \tag{1}$$

$P_{备}$  通常根据设计年度按照运用车数的 5%~10% 取值。根据相关规范及文献[10], $P_{检}$  通常为在修的架修车数  $P_{架}$ 、大修车数  $P_{大}$ 、定修车数  $P_{定}$ 、三月检车数  $P_{月}$ 、双周检车数  $P_{周}$  之和,即:

$$P_{检} = P_{架} + P_{大} + P_{定} + P_{月} + P_{周} \tag{2}$$

实施均衡修后,有:

$$P_{检} = P_{架} + P_{大} + P_{均衡} \tag{3}$$

式中:

$P_{均衡}$ ——均衡修在修车数。

根据检修修程及其工艺流程,均衡修的检修规模为:

$$P_{\text{均衡}} = P_{\text{运}} ND\alpha/250 \tag{4}$$

式中：  
N——一年中均衡修发生次数；  
D——均衡修检修用时；  
α——不均衡系数，需考虑专项修对均衡修的影响；  
250——每年实际工作天数。

表 3 不同模式下的配属车数指标

Tab.3 Indicators of allocated vehicles under different modes										
模式	$P_{\text{运}}/\text{列}$	$P_{\text{备}}/\text{列}$	$P_{\text{检}}/\text{列}$	$P_{\text{大}}/\text{列}$	$P_{\text{架}}/\text{列}$	$P_{\text{定}}/\text{列}$	$P_{\text{周}}/\text{列}$	$P_{\text{月}}/\text{列}$	$P_{\text{均衡}}/\text{列}$	检备率/%
传统检修模式	47	3	10	1.19	0.68				60	28
均衡修模式	47	3	6	1.19	0.68	1.43	3.72	2.38	4.06	56

注：检备率指检修车和备用车所占比例。

由表 3 可知，与传统检修模式相比：均衡修模式的  $P_{\text{检}}$  较少，故  $P_{\text{配}}$  也较少；在  $P_{\text{配}}$  一定的情况下，均衡修  $P_{\text{检}}$  减少，则  $P_{\text{运}}$  增加，列车上线率得到提高，这与实际情况相符；均衡修模式的检备率更低，更能符合《地铁设计规范》中的 20% 检备率远期要求。

2.2 车辆基地规模

根据《地铁设计规范》，车辆基地主要由运用整备设施（停车列检库（棚）及周月检库）及检修设施（定修及大架修库）组成。

按照案例线路的线路条件及运营数据，结合表 3，可得出 2 个修程车辆基地的主要设计规模，见表 4。

由表 4 可见：与传统检修车辆基地设计规模相比，均衡修车辆基地设计规模更小，其检修列位可节省 4 个。按照 B 型车 6 辆编组、大架修段采用 1 000 m<sup>2</sup>/辆的标准进行计算：与采用传统检修模式相比，采用均衡修模式可平均减少征地面积 24 000 m<sup>2</sup>（36 亩），节省建筑面积约 5 000 m<sup>2</sup>，按工程概算指标可节约车辆基地工程投资约 0.67 亿元。

3 结语

本文将均衡修与传统检修进行了对比分析，根据案例线路的指标，分析计算了传统检修模式和均衡修模式下的车辆检修工艺流程、车辆基地设计规模，得出了以下结论：

- 1) 从检修理念、检修对象及检修时间等方面来看，均衡修是一种更先进的车辆检修模式。
- 2) 实施均衡修模式，能减少车辆检修的调车作业量，工艺流程更优。
- 3) 经过计算和分析：采用均衡修模式能节省全

由式(1)—式(4)，在均衡修模式下，有：

$$P_{\text{配}} = (P_{\text{大}} + P_{\text{架}} + P_{\text{备}}) + P_{\text{运}} (1 + ND\alpha/250) \tag{5}$$

以某地铁线路为案例线路进行分析，案例线路长度为 43.1 km，其设计远期运用车数为 47 列，在开行交路和全日行车计划一致的情况下，采用传统检修模式和均衡修模式的各配属车数指标见表 3。

表 4 不同检修模式下的车辆基地设计规模

Tab.4 Vehicle depot design scale under different maintenance modes				
项目	传统检修模式		均衡修模式	
	计算值	设计取值	计算值	设计取值
大架修（列位）	1.87	2	1.87	2
停车列检（列位）	50	50	50	50
定修（列位）	1.43	2		
双周三月检（列位）	6.10	7		
均衡修（列位）			4.05	5

线车辆的配属车总数，或能在配属车总数一定的情况下减少检修车数，从而提高车辆的上线率，提升地铁运营服务质量。

4) 经过计算和分析，采用均衡修模式，能在一定程度上缩减车辆基地设计规模，有利于节约土地，减少工程投资。

当前，均衡修模式尚处于发展时期，虽存在着检修标准不统一、检修时间不均衡等诸多问题，但其检修制度的先进性不可忽视。

参考文献

[1] 中国城市轨道交通协会. 城市轨道交通 2020 年度统计和分析报告[EB/OL]. (2021-04-12) [2021-08-16]. <https://www.camet.org.cn/tjxx/7647>.  
China Association of Metros. Statistics and analysis report of urban rail transit in 2020 [EB/OL]. (2021-04-12) [2021-08-16]. <https://www.camet.org.cn/tjxx/7647>.