

车辆均衡修模式对地铁车辆段设计的影响

张 雄

(中铁二院工程集团有限责任公司, 610031, 成都//正高级工程师)

摘 要 目的:为了使地铁车辆段工程设计方案更好地适应目前广泛采用的均衡修作业模式,需分析车辆均衡修设计对地铁车辆段设计的影响。方法:针对均衡修模式下的地铁车辆段,梳理了均衡修模式的修程、作业流程及作业时间,提出了工程设计时的均衡修修程及作业时间建议。提出设计规模和检修车数量计算方法,对相关线路及设施的配置方案开展研究。通过对系统修模式和均衡修模式的车辆检修周期、作业内容、作业时间和作业流程分析,比较两种模式的设计规模和检修车数量计算结果,以及所需的线路及设施,总结均衡修模式带来的影响。结果及结论:车辆均衡修模式与《地铁设计规范》规定的车辆检修修程存在较大差异,影响了车辆段的设计规模、配属车数量及线路设施需求等。采用均衡修模式后,轻型检修台位数量可降低18%,检修车数量可降低57%。可见,地铁车辆段工程宜按照均衡修模式进行设计。均衡修模式下应取消定修线,不承担车辆大架修作业的车辆段可取消静调线,停车场不应因为均衡修而增加试车线。现行《地铁设计规范》不适应均衡修模式,建议对相关条文进行修订。

关键词 地铁;车辆段设计;均衡修模式

中图分类号 U279.1

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.08.023

Impact of Vehicle Balanced Maintenance Mode on Metro Depot Design

ZHANG Xiong

Abstract Objective: To better adapt engineering design proposals of metro vehicle depots to the widely adopted BMO (balanced maintenance operation mode), the impact of vehicle BMO on the design of metro vehicle depots is analyzed. Method: For metro vehicle under BMO, the maintenance schedule, workflow, and duration associated with this mode are examined, and recommendations for BMO duration and operation time during engineering design are proposed. Calculation methods for determining the scale of design and the number of maintenance vehicles are presented, and research is conducted on the configuration schemes of related lines and facilities. By analyzing the maintenance cycles, tasks, durations and workflows of the system maintenance mode and BMO, the design

scale and the calculated number of maintenance vehicles between the two modes, as well as the required lines and facilities are compared. The impact brought about by BMO is summarized. Result & Conclusion: There is a significant difference between the vehicle maintenance duration regulated by the vehicle BMO and the Code for Design of Metro, affecting the design scale, allocation of vehicles, and requirements for line facilities in vehicle depots. After adopting BMO, the required amount of light maintenance platforms can be reduced by 18%, and the number of maintenance vehicles can be reduced by 57%. It is evident that metro vehicle depot engineering should be designed according to BMO. Under BMO, scheduled maintenance lines should be removed, static adjustment lines can be canceled for depots not undertaking vehicle overhaul tasks, and test tracks should not be added to parking lots due to BMO. The current Code for Design of Metro is not suitable for BMO, and it is recommended to revise the relevant provisions accordingly.

Key words metro; depot design; balanced maintenance mode

Author's address China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 610031, Chengdu, China

0 引言

目前,我国地铁车辆维修已普遍采用均衡修模式,其修程与GB 50157—2013《地铁设计规范》规定的层级修模式下的车辆检修修程存在较大差异。

《地铁设计规范》规定的车辆修程为:大修(35 d)、架修(20 d)、定修(7 d)、三月检(2 d)、双周检(0.5 d)及列检。各修程的层级结构如图1所示^[1]。

均衡修模式是将低级修程扁平化,将年检、半年检和月检的三个层级修程合并为一个层级。通过检修包拆分,尽量均衡各检修包的任务量,缩短每个包的检修时间,为利用运营平峰列车回库的天窗时间完成检修作业创造条件,实现在线修,减少检修车数量。南京地铁在国内较早推出的全效修,

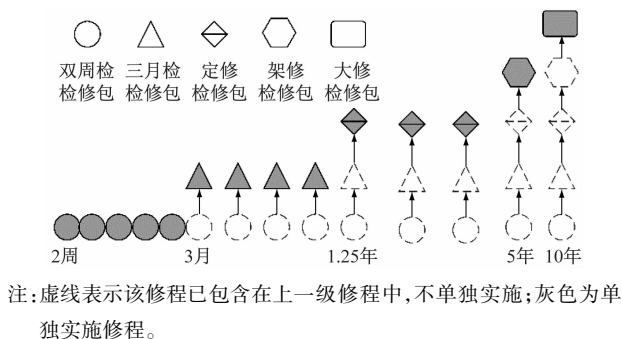


图1 各修程层级结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of each maintenance schedule hierarchical structure

也属于均衡修^[2-3]。

两种模式下车辆段的设计规模、配属车数量及线路设施需求等方面存在较大差异,因此,地铁车辆段工程设计应充分考虑均衡修模式的影响,使工程设计更符合运营实际需求。

1 均衡修模式的修程、作业流程及作业时间

1.1 均衡修模式的修程

目前,各地运营单位在均衡修模式下所采用的修程(以下简称“均衡修修程”)存在一定差异。大部分运营单位的均衡修设置两种修程——系统修修程(也称为“均衡修修程”)和专项修修程;部分运营单位仅设置1种修程,将专项修的内容纳入特定的均衡修包中,如广州地铁^[2];还有部分运营单位在系统修的基础上另外增加24个特别修检修包,形成系统修、特别修和专项修3种修程,如深圳地铁。

以深圳地铁采用的均衡修模式为例,均衡修修程结构如图2所示。

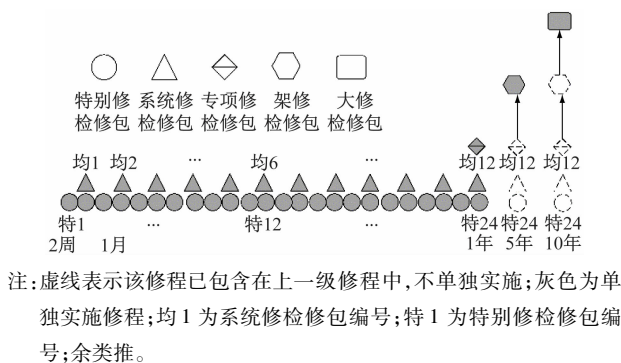


图2 均衡修修程结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of balanced maintenance schedule

均衡修模式各修程的检修周期如下:

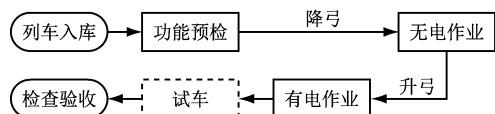
1) 系统修(+特别修)。系统修的基本周期主

要有1个月和2周两种,大部分运营单位的系统修周期为1个月,设12个检修包,每个检修包包含各检修包均要完成的常规检修内容和每个包特有的检修内容两部分,部分运营单位的系统修周期为2周,如重庆地铁^[4]。特别修周期均为2周。

2) 专项修。专项修主要是对于检修周期为1年,或超过1年但又不到架修周期的部件进行检修。例如深圳地铁规定,专项修周期为1年,主要作业内容包括:空压机油更换、牵引电机油加注、齿轮箱油更换,C车-C车解钩作业,A车-A车连挂作业,蓄电池均衡充放电及车底吹尘等。

1.2 均衡修模式下的作业流程及作业时间

各地运营单位在均衡修模式下采用的检修作业(以下简称“均衡修作业”)流程基本一致,分为无电作业和有电作业两个阶段。轮径调整等部分均衡修作业后需要试车。图3为均衡修作业流程示意图。



注:升弓、降弓不是检修作业,只是为检修作业提供条件。虚线表示不是所有检修包都要试车。

图3 均衡修作业流程示意图

Fig. 3 Work flow diagram of balanced maintenance system

均衡修作业原则上都是利用早晚高峰之间的天窗时间对回库列车进行检修——上午进行无电作业,下午进行有电作业。

各地铁的每次均衡修作业时间存在差异。以广州地铁为例,每个均衡修的时间基本为1个天窗时间。由于每天只有1个天窗时间,为计算方便,检修时间按1个天窗时间为1d计算,即全年检修时间为12d,且每个月、每列车均执行相同的检修包。

南京地铁12个全效修检修包中,6个检修包的作业时间均为1d,4个检修包的作业时间均为2d,2个检修包的作业时间均为3d,全年检修作业时间共计20d,每个月每列车执行不同的检修包,以平衡工作量^[5]。

上海地铁的均衡修中,检修包1~10的检修时间均为1d,检修包11~12的检修时间为2d,故全年检修作业时间共计14d^[5]。

1.3 工程设计时的均衡修修程及作业时间建议

目前,各地均衡修修程和检修时间普遍存在一定差异,主要原因在于运营单位的维修经验和习惯存在差异,以及车辆技术状态存在差异。例如,上

海地铁和广州地铁的修程较为简单,总维修时间较短;南京地铁总维修时间较长。采用 24 个均衡修检修包(或者增加 24 个特别修时)时,维修时间至少为 24 d。

根据当前均衡修的实际情况和发展趋势,考虑到工程设计时应有一定的包容性,建议均衡修修程和作业时间按表 1 确定,且建议不设特别修。均衡修和特别修按在线修,专项修按扣车修考虑。

表 1 均衡修修程和作业时间表
Tab. 1 Balanced maintenance schedule and work timetable

修程	检修周期	检修时间/d	库停时间/d
系统修(均衡修)	1 月	1	1
专项修	1 年	7	6
特别修	15 d	1	1

2 均衡修对车辆段设计规模的影响

2.1 检修工作量

2.1.1 按《地铁设计规范》层级修模式计算

当配属列车数为 N 时,1 年中,定修(年检)工作量 $L_y=0.8 N-0.2 N=0.6 N$,三月检工作量 $L_q=4 N-0.6 N-0.2 N=3.2 N$,双周检工作量 $L_w=24.0 N-3.2 N-0.6 N-0.2 N=20.0 N$ 。其中 L_y 、 L_q 及 L_w 的单位为列/年。

2.1.2 按均衡修模式计算

当配属列车数为 N 时,1 年中系统修工作量 $L_j=12 N-0.2 N=11.8 N$,特别修检修工作量 $L_t=24 N-0.2 N=23.8 N$,专项修检修工作量 $L_z=N-0.2 N=0.8 N$ 。其中, L_j 、 L_t 和 L_z 的单位为列/年。

2.2 检修台位

2.2.1 按《地铁设计规范》层级修模式计算

定修库停时间按 6 d 计算,全年工作天数按 250 d 计算,不均衡系数取 1.2,则由 L_y 、 L_q 及 L_w 计算可得,定修(年检)的检修台位数量 $B_y=0.017\ 28 N$,三月检的检修台位数量 $B_q=0.030\ 72 N$,双周检的检修台位数量 $B_w=0.048\ 00 N$ 。

考虑三种修程的检修台可通用,故将其统一定义为轻型检修台位 B_m ,故有: $B_m=B_y+B_q+B_w$ 。

2.2.2 按均衡修模式计算

在均衡修模式下,系统修和特别修同时作业,共用台位,而专项修单独作业。根据调研情况,目前采用均衡修模式的运营单位,周末都要进行检修作业。保守考虑,全年按每周作业 6 d,并扣除法定

节假日 11 d 后,全年工作天数可达 302 d。本文全年工作天数取 300 d。根据均衡修的性质,不需计算不均衡系数。根据表 1 的建议,检修台位按以下两种情况计算:

情况 1:全年系统修 12 次,无特别修。计算可得,此时的系统修台位数量 $B_j=0.039\ 3 N$,专项修台位数量 $B_z=0.016\ 0 N$,故轻型检修台位数量 $B_m=B_j+B_z=0.055\ 3 N$ 。

情况 2:增加特别修,且系统修与特别修同时作业。此时不再计算特别修的检修台位,故系统修台位数量 $B_j=0.079\ 3 N$ 。专项修台位数量不变,则轻型检修台位数量 $B_m=B_j+B_z=0.095\ 3 N$ 。

2.2.3 两种检修模式的轻型维修台位分析

从上述计算结果可以看出:无特别修时,均衡修模式的检修台位数与传统模式的检修台位数之差 $\Delta B_m=-0.041\ 18 N$,相应检修台位规模减小了约 43%;增加特别修时, $\Delta B_m=-0.017\ 18 N$,相应检修台位规模减小了约 18%。

可见,实行均衡修后,车辆段及停车场的轻型维修设施规模需求大幅减少。

2.3 检修车数量

检修车数量指用于替换因检修作业不能上线运营的备用列车数量。

2.3.1 按《地铁设计规范》层级修模式计算

大修列车数量 $N_o=0.014\ 00 N$,架修列车数量 $N_h=0.008\ 00 N$,定修列车数量 $N_y=0.016\ 80 N$,三月检列车数量 $N_q=0.015\ 36 N$,双周检列车数量 $N_w=0.040\ 00 N$,检修车总数量 $N_r=N_o+N_h+N_y+N_q+N_w=0.094\ 16 N$ 。

2.3.2 按均衡修模式计算

在均衡修的模式下,列车的系统修和特别修均利用天窗时间完成,不需要专门的检修车替代。专项修检修时间比较长,需要的专项修列车数量 $N_z=(7/300)L_z=0.018\ 7 N$ 。大修列车数 N_o 和架修列车数 N_h 不变。检修车总数量 N_r 为: $N_r=N_o+N_h+N_z=0.040\ 7 N$ 。

2.3.3 均衡修模式下的检修车数变化

与层级修模式相比,均衡修模式的检修车数可减少 $\Delta N_r=-0.053\ 46 N$,降低了 57%。

可见,与层级修模式相比,均衡修模式减少了检修车数量,提高了列车上线率。

3 均衡修模式对车辆段设计的其他影响

1) 定修线。在均衡修模式下,定修修程纳入均

衡修范围,不需要专用的定修线,因此不再设置定修线。

2) 静调线。静调线的功能及设计标准同周月检线基本一致,仅增加了限界门和零轨。对于没有大架修功能的车辆段,采用均衡修模式后,不再有定修修程,因此宜取消静调线,并在周月检线设置限界门。

3) 试车线。目前有部分地铁运营部门提出在承担车辆均衡修任务的停车场增加试车线,以满足停车场实现全部系统修、特别修和专项修的要求。由于试车线的设置对停车场的用地影响较大,除试车线自身占地外,还需要增加联络线、试车线与停车场咽喉区之间的用地,对停车场选址和节约土地资源不利。考虑到均衡修模式需要试车作业的检修包为每年 1~2 次,因此建议维持《地铁设计规范》的设计标准,停车场不宜设置试车线,通过生产调度,将需要试车的均衡修检修包安排在车辆段完成。

4 结论

1) 《地铁设计规范》规定的双周检、三月检和定修均属于均衡修范围,采用均衡修模式后,相应的轻型检修台位数量可降低 18%,检修车数量可降低 57%。

2) 均衡修模式下,不宜再设置定修线;车辆段不承担车辆大架修时,可取消静调线;停车场不宜因为均衡修模式增加试车线。

3) 现行《地铁设计规范》不适应均衡修模式,

建议在下一轮修订时按均衡修模式或两种模式并行的原则对相关条文进行修订。

参考文献

[1] 国家质量监督检验检疫总局,中华人民共和国建设部. 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Ministry of Construction of the People's Republic of China. Code for design of metro: GB 50157—2013[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.

[2] 王长庚, 张海强. 车辆均衡检修模式在广州地铁的应用与探讨[J]. 电力机车与城轨车辆, 2016, 39(3): 85.
WANG Changgeng, ZHANG Haiqiang. Application and discussion of vehicle balanced maintenance mode in Guangzhou Metro[J]. Electric Locomotives & Mass Transit Vehicles, 2016, 39(3): 85.

[3] 李启俊. 南京地铁车辆维修修程分析和优化[D]. 南京: 南京理工大学, 2011.
LI Qijun. Nanjing Metro vehicle maintenance system analysis and optimization[D]. Nanjing: Nanjing University of Science & Technology, 2011.

[4] 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.

[5] 周婧. S 公司城市轨道交通车辆维修项目进度管理研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2017.
ZHOU Jing. Research on the progress of S company's urban rail transit vehicle maintenance project[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2017.

(收稿日期:2021-03-22)



《城市轨道交通研究》编辑委员会增设青年委员启事

青年是最富有活力、最具有创造力的群体。为充分发挥青年学者学术生力军的作用,进一步提升学术影响力和国际化办刊水平,更好地服务于我国城市轨道交通的高质量发展,《城市轨道交通研究》编辑委员会拟增设青年委员,诚挚邀请海内外优秀青年学者加入,参与《城市轨道交通研究》的重大选题策划、学术交流活动,以及组稿、审稿、撰写论文、推荐优秀论文、宣传推介期刊等工作。

有意向者请在本刊官方网站或微信公众号下载“《城市轨道交通研究》编辑委员会增设青年委员启事”全文和“《城市轨道交通研究》青年编委申请表”。请将填写好的“《城市轨道交通研究》青年编委申请表”发送至 UMT1998@vip.163.com。邮件主题请务必注明:青年编委申请+姓名+学科方向。

报名截止日期为 2023 年 9 月 30 日,以收到电子邮件的日期为准。报名截止后,本刊编辑部将组建遴选小组,根据本刊特色和需求,综合考虑申请人研究方向、研究领域、区域分布及资历等相关条件进行认真筛选。

《城市轨道交通研究》编辑部
2023 年 7 月 30 日