

# 有轨电车车辆基地用地指标研究

龚辉波<sup>1</sup> 刘增华<sup>1</sup> 刘鹏辉<sup>1</sup> 郭伟彬<sup>1</sup> 范晓云<sup>2</sup> 陆 昕<sup>2</sup>

(1. 广州地铁设计研究院股份有限公司, 510010, 广州;

2. 广州有轨电车有限责任公司, 510010, 广州//第一作者, 工程师)

**摘 要** 针对有轨电车车辆基地不同的功能需求, 明确各类车辆基地对应的维修任务; 基于检修人员配置与检修工艺流程, 分析了车辆的检修效率; 根据有轨电车车辆基本参数特征、车辆基地不同的总平面布置形式及列位排列方式, 通过作图法统计出各检修设施 4、6 模块下的单位模块用地面积; 结合国内其它有轨电车车辆基地的设计情况, 总结了其它附属设施、道路、绿化面积指标; 组合相应的设施面积, 提出了用地面积控制指标, 实际案例分析结论表明研究结论具有较好的可应用性。

**关键词** 有轨电车; 车辆基地; 用地面积指标; 总平面布置  
**中图分类号** U279.1; U482.1; F293.2

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2020.08.023

## Study on the Land-use Area Index of Modern Tram Vehicle Base

GONG Huibo, LIU Zenghua, LIU Penghui, GUO Weibin, FAN Xiaoyun, LU Xin

**Abstract** According to the different functional requirements of modern tram vehicle base, the maintenance corresponding to all types of vehicle bases is defined. Then, the vehicle maintenance efficiency is analyzed according to the maintenance personnel configuration and maintenance process. The unit vehicle module area is calculated by graphic statistics method in terms of maintenance facilities module four and module six according to the basic parameters of tram vehicles, general layouts and vehicle column arrangements of vehicle base. It clarifies the general rules of the main functional facilities configuration. Referenced to the designs of other tram vehicle bases in China, the areas of other ancillary facilities, road and grassland are summarized. Finally, combined with the corresponding facility land areas, the land-use area control index is proposed, and the applicability of which is verified by conclusions of actual case analysis.

**Key words** tram; vehicle base; land-use area index; general layout

**First-author's address** Guangzhou Metro Design & Research Institute Co., Ltd., 510010, Guangzhou, China

我国城市轨道交通车辆基地规模普遍偏大<sup>[1-2]</sup>。城市轨道交通对经济、规划、技术、设备及管理的需求不断发展, 与城市建设用地稀缺匮乏的矛盾日益加剧。中国大城市均面临交通阻塞、环境污染和能源日益紧缺的情况, 有轨电车主要运行于城市道路路面或高架桥上, 是一种低运量的城市轨道交通<sup>[3]</sup>。如何在保证工艺的前提下减少车辆基地用地面积, 并使车辆基地能融入城市, 已越来越受到重视<sup>[4]</sup>。因此, 研究有轨电车车辆基地合理的用地规模对其可持续发展有重要意义。

目前, 有轨电车的国家标准《现代有轨电车工程设计规范》(征求意见稿) 行业标准尚未正式颁布, 部分城市出台了相关地方标准, 如 DB 510100/T 206—2016《成都现代有轨电车工程设计规范》、上海市工程建设规范 DG/TJ 08—2196—2016《城市有轨电车线网规划编制标准》、DG/TJ 08—2213—2016《有轨电车工程设计规范》<sup>[12]</sup> 等。这些规范对有轨电车的车辆基地用地规模未规定具体指标要求。

本文拟针对不同功能定位的有轨电车车辆基地, 基于运营和检修工艺流程, 采用作图法分析车辆基地内运用、检修等设施布置用地规模与设计规模的关系, 经数据拟合与统计分析得出有轨电车车辆基地面积控制指标, 并结合实际案例分析说明该指标的可行性。

## 1 总平面布置特点

车辆基地是承担车辆停放、整备、运用、检修以及各种运营设备保养维修的重要基地, 由车辆段、停车场、综合维修中心、材料总库、培训中心及必要的办公生活设施等组成<sup>[5]</sup>。车辆基地的总体平面布置合理设计是实现车辆基地整体功能的重要保证。为满足车辆的作业流程, 总平面布置应该从检修规模、工艺流程、功能分区等方面综合考虑<sup>[6-7]</sup>。

与地铁类似, 有轨电车车辆基地常见的布置形

式有贯通式和尽端式(如图 1 所示)。有轨电车车辆段出入段线的平面最小曲线半径不小于 50 m,困难条件下不小于 25 m。车场线最小曲线半径一般为 25 m。车辆段内一般采用 3 号、6 号道岔,或梯形组合道岔<sup>[12]</sup>。总平面布置原则是尽量减少车辆段在段内调车时的行走距离<sup>[8]</sup>。

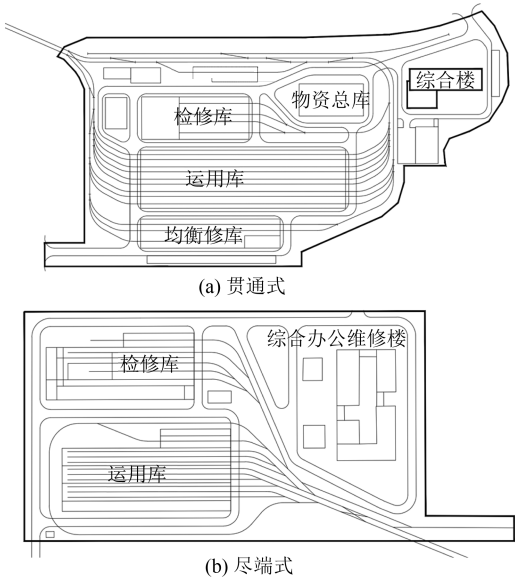


图 1 有轨电车车辆基地布置形式

相比于尽端式布置,贯通式布置多用于车辆基地选址位于车站之间时,可使列车的出入段作业十分方便,为高效运用列车创造了条件。贯通式布置的缺点是:需用地规模较大,对车辆基地用地有一定的限制,且线路工程量较大。

2 车辆基地各设施用地规模分析

2.1 检修修程

广州海珠环岛有轨电车检修修程如表 1 所示。

表 1 广州海珠环岛有轨电车的车辆检修修程和检修周期			
修程	走行里程/(万 km)	时间间隔	检修时间
升级改造	不定	大规模技术改造	不定
大修	100	约 10 年	约 25 d
架修	50	约 5 年	约 14 d
均衡修	0.8	约 30 d	约 8 h
日检		每天	≤1

注:上表仅作为本文研究借鉴使用,具体工程项目检修修程应结合相关国家标准或地方标准执行

2.2 停车运用设施

停车运用设施主要包括停车列检库及周月检库组成的运用库,以及相应的出入段线及洗车线设施。

将停车运用设施用地分为库房地(运用库、洗

车线、运转综合楼)和咽喉区用地。采用作图法,计算不同模块编组(4 模块、6 模块),采用不同线间距、不同布置形式的停车运用设施的单位模块用地面积。不同线间距的特殊部位宽度要求如表 2 所示。

表 2 不同线间距的特殊部位宽度要求					
线间距 水平	库房	车体之间 通道宽 度/m	车体与侧 墙之间通道 宽度/m	车体与柱边通 道宽度/m	库内前、 后通道 净宽/m
较大线 间距	停车库	1.400	1.400	1.200	4.000
	列检库	1.800	1.600	1.400	4.000
较小线 间距	停车库	1.000	1.400	1.200	4.000
	列检库	1.500	1.500	1.275	4.000

统计结果如表 3 所示。表 3 中,单元模块用地面积下限值对应较小线间距布置形式,上限值对应较大线间距布置形式。经综合考虑,可认为 1 线 4 列位适宜于两种库房布置形式。

表 3 停车运用设施单位模块用地面积			
库房布置形式	列位分布形式	单元模块用地面积/m <sup>2</sup>	
		4 模块	6 模块
贯通式	1 线 4 列位	160~180	120~150
尽端式	1 线 4 列位	140~180	110~140

2.3 定修检修设施

定修检修设施为包括定修、临修、静调、吹扫及镟轮线等工艺的检修库,以及试车线。

作业线设置数量应与各修程特点相匹配。其中,配属列位≤46 列位的,仅需设置 1 列位定修;46≤配属列位≤92 列位的,仅需设置 2 列位定修;其它工作线仅需在既有车辆基地内设置 1 条,即可能满足工作要求,其列位形式均采用 1 线 1 列位。因此,考虑设置 1 条或 2 条定修线、1 条临修线、1 条静修线、1 条吹扫线和 1 条镟轮线。将定修检修设施用地分为库房地和咽喉区用地,采用作图法分别统计 4 模块和 6 模块下的单元模块用地面积。分析结果如表 4 所示。由于线间距的差异对单元模块用地面积影响较小,故不予考虑。当只考虑其中部分检修线时,可用插值法取面积值。

表 4 定修设施单位模块用地面积		
列位规模	单元模块用地面积/m <sup>2</sup>	
	4 模块	6 模块
规模 1(1 条定修线)	12 000	14 000
规模 2(2 条定修线)	13 000	15 000

2.4 大架修检修设施

大架修设施包括大架修线及部件检修区等。分析大架修流程和制造厂商提供的车辆维修手册可知,转向架检修环节是整个流程效率的瓶颈。通

常情况下,按一昼夜 24 h 三班倒的工作方式,每年最多完成 42 列列车(4 模块)的大架修作业,相当于配备了 4 条大架修线的任务。因此,当需完成超过 4 条架修线的任务时,需增大转向架检修面积。

目前,国内有轨电车没有统一的设计标准,有轨电车厂房用地面积可借鉴地铁设计规范及国内较为成熟的地铁设计成果。但是,由于有轨电车车辆与地铁车辆差异较大,故有轨电车厂房用地面积应在借鉴地铁设计成果的基础上<sup>[11]</sup>,根据自身特点来调整控制。有轨电车各部件的检修区用地面积标准如表 5 所示。

表 5 大架修设施各检修区的面积指标		
检修区域	部件检修区面积一般取值/m <sup>2</sup>	
空调检修区	350	
电器检修区	450	
电子检修区	180	
制动检修区	350	
车钩检修区	180	
转向架检修区	2 500	
车体检修区	1 300~2 400	
喷漆及预处理间	900	
大架修线	2 700~3 600	
移车台	1 700~2 210	
所有区域合计	10 610~13 120	

其中,移车台宽度约 17 m,长度需根据库房宽度确定;参考国内其它有轨电车车辆基地,大架修库宽度取值约 100~130 m;车体检修区及大架修线,根据 2~4 条大架修线与 4、6 模块数排列组合,通过作图法得到面积范围,其它编组形式采用插值法取值;转向架检修区面积若无法满足检修需求时,其面积翻倍并以 7 条检修线任务为上限,如超过 7 条检修线任务则需另设大架修基地。考虑除上述部件检修区用房外,还有辅助办公用房及备用品存放间,增加 1 100~1 300 m<sup>2</sup> 的面积预留。

- 综上所述,得出如下结论:
- 1) 当大架修线不大于 4 条时,大架修库房面积随着大架修线规模进行变化;转向架检修区可采用三班倒的工作组织方式,使转向架检修区面积不变;通过分析得出大架修库用地面积约为 11 700~14 500 m<sup>2</sup>。
  - 2) 当大架修线大于 4 条且不大于 7 条时,转向架检修区的用地面积应翻倍,大架修库面积及车体检修区面积按大架修模块数增大,大架修库用地面积约为 18 000~30 000 m<sup>2</sup>。
  - 3) 当大架修规模超过 7 条大架修线时,建议增

设 1 处大架修基地。

### 2.5 生产办公及检修用房

生产办公及检修用房包括常驻办公用房、非常驻办公用房及设备检修用房,其面积与线路长度密切相关。

根据珠海、三亚及广州等城市的有轨电车人员组织构成,部门管理人员、技术人员及综合生产人员的比例为 1:2:7,初期(2025 年)、近期(2030 年)、远期(2035 年)每 km 线路长度对应的常驻工作人员指标如表 6 所示。常驻办公用房面积设计标准为:生产用房 2 m<sup>2</sup>/人、技术管理办公室 4 m<sup>2</sup>/人、管理办公室 6 m<sup>2</sup>/人。非常驻办公用房所占面积约为常驻办公用房的 30%。计算可得,办公用房适用面积的初期、近期、远期指标分别为 91 m<sup>2</sup>/km、109.2 m<sup>2</sup>/km、127.4 m<sup>2</sup>/km。

表 6 工作人员指标			人/km
工作人员	初期	近期	远期
管理人员	2.5	3.0	3.5
技术人员	5.0	6.0	7.0
生产人员	17.5	21.0	24.5

设备检修房包括供电维修用房、工务维修用房及弱电维修用房。参考国内其它有轨电车车辆基地的配置情况,对于车辆基地设备检修房最小面积,停车场为 800 m<sup>2</sup>,车辆段为 1 350 m<sup>2</sup>。对于规模较大的车辆基地,可增加楼层数量以满足功能需求。

综合分析,综合考虑车辆基地的周边绿化和道路等需求,建议生产办公及检修用房用地面积约 2 000~3 000 m<sup>2</sup>。

- ### 2.6 其他设施
- 车辆基地还需要设置物资库、杂品库、变电所、污水处理站及材料堆放处等必要设施。
- 由于车辆段内物资库、污水处理站、变电所及材料堆放处的面积受线路长度、配属车数、定员规模及选址情况多方面因素影响,建议在合理取值的范围内进行包容性设计。有轨电车车辆段物资库建筑面积为 350~600 m<sup>2</sup>,污水处理站建筑面积为 100~300 m<sup>2</sup>,变电所建筑面积为 300~450 m<sup>2</sup>,材料堆场面积为 800~1 200 m<sup>2</sup>;食堂单层面积按 250 m<sup>2</sup> 进行控制,如有不足可增加一层。
- 综合分析,对于其它设施面积,停车场取 400~1 000 m<sup>2</sup>,车辆段取 1 770~2 770 m<sup>2</sup>。
- ### 2.7 场内道路及绿化需求
- 车辆段内道路主要为沿停车列检库房道路、沿

综合楼环形道路、沿检修库环形道路、停车场主出场道路及次出场道路等。库房周边道路的面积与库房的用地面积直接相关。通过作图法对不同规模的停车运用库周边道路面积进行统计分析可知,道路面积占停车运用库面积的比重为 15%~60%。建议一般规模的停车场道路面积按照停车运用设施面积的 30% 控制。同理,车辆段道路面积按照(停车运用设施面积+检修面积)×30%来控制。

场地绿化面积根据相关规范要求进行控制。

本研究中绿化率取 30%。

3 车辆基地用地面积控制指标

停车场用地面积包括停车运用面积(含停车运用设施、其它设施及道路的面积),附属用房面积(办公与综合维修检修用房面积)及绿化面积。其中,附属用房根据实际条件设置,用地紧张时可不计入用地面积,只需满足使用面积即可。不同规模的停车场用地面积指标如表 7 所列。

表 7 停车场用地面积指标					m <sup>2</sup>
面积指标	尽端式		贯通式		
	4 模块	6 模块	4 模块	6 模块	
最小用地面积	(A·14 N+100)/0.07	(A·11 N+100)/0.07	(A·16 N+100)/0.07	(A·12 N+100)/0.07	
一般用地面积(下限值)	(A·14 N+300)/0.07	(A·11 N+300)/0.07	(A·16 N+300)/0.07	(A·12 N+300)/0.07	
一般用地面积(上限值)	(A·18 N+400)/0.07	(A·14 N+400)/0.07	(A·18 N+400)/0.07	(A·15 N+400)/0.07	
注: A 为道路面积附加控制系数,建议取 1.3(对应道路占库房面积比例为 30%);N 为配属列位对应的总模块数					

在表 7 中,最小用地面积考虑将附属用房面积与运转楼合设,或利用运用库辅跨增加层高以满足生产办公需求;一般用地面积的上下限值,分别对应不同线间距、不同列位形式下,用地面积的最大值和最小值。

定修检修车辆段增设定修检修库。不同列位时,定修检修库面积不同,其总用地面积指标如表 8 及表 9 所示。大架修车辆段在定修检修车辆段面积的基础上增设大架修库及部件检修区,其总面积指标如表 10 所示。

表 8 配属列位数≤46 的定修检修车辆段用地面积指标					m <sup>2</sup>
面积指标	尽端式		贯通式		
	4 模块	6 模块	4 模块	6 模块	
最小用地面积	(A·14 N+1 500)/0.07	(A·11 N+1 700)/0.07	(A·16 N+1 500)/0.07	(A·12 N+1 700)/0.07	
一般用地面积(下限值)	(A·14 N+1 700)/0.07	(A·11 N+1 900)/0.07	(A·16 N+1 700)/0.07	(A·12 N+1 900)/0.07	
一般用地面积(上限值)	(A·18 N+1 800)/0.07	(A·14 N+2 000)/0.07	(A·18 N+1 800)/0.07	(A·15 N+2 000)/0.07	

表 9 46<配属列位数≤92 的定修检修车辆段用地面积指标					m <sup>2</sup>
面积指标	尽端式		贯通式		
	4 模块	6 模块	4 模块	6 模块	
最小用地面积	(A·14 N+1 600)/0.07	(A·11 N+1 800)/0.07	(A·16 N+1 600)/0.07	(A·12 N+1 800)/0.07	
一般用地面积(下限值)	(A·14 N+1 800)/0.07	(A·11 N+2 000)/0.07	(A·16 N+1 800)/0.07	(A·12 N+2 000)/0.07	
一般用地面积(上限值)	(A·18 N+1 900)/0.07	(A·14 N+2 100)/0.07	(A·18 N+1 900)/0.07	(A·15 N+2 100)/0.07	

表 10 大架修库房地面积指标		
大架修/列位	车辆编组/模块	大架修库房总面积/m <sup>2</sup>
2	4	11 920
2	6	12 820
3	4	13 220
3	6	14 320
4	4	14 520
4	6	15 820
5	4	18 820
5	6	20 320
6	4	20 120
6	6	21 820
7	4	21 420
7	6	23 320

注:大架修段用地面积可通过配属列位数规模按表 8、9 计算定修段用地指标,结合表 10 按设计大架修列位规模计算大架修库用地面积,二者求和即为大架修段用地面积

4 既有车辆基地用地评价

广州市海珠区环岛有轨电车线试验段(以下简称“环岛试验段”)于 2014 年 12 月 31 日开通运营,为广州市海珠区环岛有轨电车线(以下简为“海珠环岛线”)东北端的一部分。环岛试验段起始于万胜围站,终止于广州塔站,全长约 7.7 km,共设置 11 座车站(其中 1 座为高架站),设有 1 处停车场(磨碟沙停车场)。初期及近期采用 4 模块有轨电车,远期规划采用 6 模块有轨电车;列车最高运行速度为 70 km/h。

磨碟沙停车场定位为环试验段的停车场,主要

承担配属列车的临修、均衡修、列检、停放和洗刷清扫等日常维护和保养任务,设置了 1 列位临修线、1 列位均衡修线、5 列位停车列检线及 1 列位洗车线。总平面布置采用尽端式设计方案。

根据表 7 计算可得,6 模块编组时,磨碟沙停车场最小用地面积为 1.13 hm<sup>2</sup>,一般用地面积为 1.41~1.96 hm<sup>2</sup>。而其实际用地面积为 1.68 hm<sup>2</sup>。可以看出,磨碟沙停车场实际设计已按远期规划的 6 模块编组规模预留了库房长度。而且磨碟沙停车场用地面积小于一般用地面积的上限值,属于合理范围。

## 5 结语

综上所述,本文通过通过作图法分析对不同布局形式、不同模块编组、不同功能定位有轨电车车辆基地用地面积指标进行了统计分析研究。环岛试验段的磨碟沙停车场计算结果验证了用地面积指标的适用性和精确度。相关用地指标控制结论可用于有轨电车线网、建设规划车辆基地选址及用地面积的框定。

## 参考文献

[1] 梁广深. 建设节约型地铁车辆段初探[J]. 都市快轨交通,2009

(6): 14.  
[2] 尚漾波,叶霞飞. 国内外城市轨道交通车辆段规模比较分析[J]. 都市快轨交通,2009(3): 16.  
[3] CORNET N,李依庆,杨洁. 现代有轨电车系统在中国城市的发展前景[J]. 现代城市轨道交通,2008(6): 60.  
[4] 杨晓. 浅谈现代有轨电车车辆段的布置[J]. 交通企业管理,2014(2): 74.  
[5] 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.  
[6] 石谨瑞,冯长久,何健. 浅谈地铁车辆段与综合基地的设计[J]. 科技信息,2012(30): 160.  
[7] 张雄. 地铁车辆段总平面设计特点及优化[J]. 铁道标准设计,1999(11): 14.  
[8] 姚幸. 有轨电车与地铁的车辆段比较[J]. 城市轨道交通研究,2015(7): 113.  
[9] 索建国,邓谊柏,杨颖,等. 储能式现代有轨电车概述[J]. 电力机车与城轨车辆,2015(4): 1.  
[10] 朱一迪. 首列超级电容储能式 100%低地板有轨电车广州开通试乘[J]. 机车电传动,2015(1): 94.  
[11] 罗美清,袁立祥. 广州海珠线储能式现代有轨电车维保工艺探讨[J]. 电力机车与城轨车辆,2015(4): 88.  
[12] 龚辉波,周再玲,刘增华,等. 智能轨道快运、有轨电车与地铁的车辆基地总平面布置及占地指标对比分析[J]. 城市轨道交通研究,2018(9): 67.

(收稿日期:2018-07-22)

(上接第 95 页)

表 3 青岛地铁线网司机工作指标

线路	日工作时长/h	R/人	L/h
3 号线	277.4	123	2.56
2 号线	249.3	129	1.93
11 号线	265.7	121	2.20

由表 2 可见,在青岛地铁线网中,2 号线司机  $L$  最短,人员需求的急迫性在现网中最低。故可对线网中的司机进行跨线调整。以各线路司机正线  $L$  相同为目标,则 3 号线需调入 8 名司机,2 号线需调出 12 名司机,11 号线需调入 4 名司机。

## 5 结语

本文对乘务计划的影响因素进行研究,通过司机疲劳系数、企业支出成本的角度对乘务组织的班制进行了研究。研究结果表明:四班三运转制的企业支出成本最低,疲劳系数的控制较理想,为乘务计划中的最佳工作时段。

对单线乘务计划,提高司机开车率,可通过设置高峰司机和高峰时段专用列车,来降低城市高峰运营对班组人员配置的影响,从而提高乘务计划的效率。

对线网乘务计划优化时,通过计算、对比各线路司机的人均驾驶长,进行各线路人员紧缺状况分析,以均衡各线路人均驾驶时长为基准,采取司机跨线调整的方法进行线网级乘务计划的优化调整。

## 参考文献

[1] 徐静. 城市轨道交通乘务排班计划优化研究[D]. 兰州:兰州交通大学,2017.  
[2] 朱效洁,王志海. 轨道交通运营体系中车务人员标准配置研究[J]. 城市轨道交通研究,2009(7): 31.  
[3] 何霖. 城市轨道交通运营筹备与组织[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社,2009(7): 31.

(收稿日期:2018-10-22)