

储能式现代有轨电车大中修能力及其 检修库用地面积分析

刘鹏辉¹ 刘增华¹ 周再玲¹ 汪朝晖² 郑志勇²

(1. 广州地铁设计研究院股份有限公司,510010,广州;2. 广州地铁集团有限公司,510010,广州//第一作者,工程师)

摘 要 以储能式现代有轨电车为研究对象,参考国内各个城市有轨电车设计成果,以及有轨电车大修流程及工区配置情况,得到大修库不同工区面积指标,并根据各种检修规模计算出有轨电车大、中修库的合理用地面积。

关键词 现代有轨电车;检修流程;大修能力;中修能力;用地面积

中图分类号 U482.1

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.03.033

Analysis of the Overhaul Capacity for Energy Storage Modern Tram and the Land-use for Its Maintenance Shed

LIU Penghui, LIU Zenghua, ZHOU Zailing, WANG Chaohui, ZHENG Zhiyong

Abstract Focusing on the energy storage modern tram, and referring to the design achievements of the tram in many Chinese cities, the overhaul and maintenance process, the work area configuration of modern tram are introduced, the area indexes of different work areas inside the overhaul and maintenance shed are obtained. On this basis, the reasonable land areas of large and medium-sized repair depots are calculated according to various maintenance scales.

Key words modern tram; maintenance process; overhaul capacity; medium repair capacity; land-used area

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

近年来,随着城市规模的不断扩大,交通拥堵问题日益突出。为解决此问题,各大城市兴起轨道交通建设,以缓解交通拥堵。根据《城市公共交通分类标准》规定,城市轨道交通系统包括地铁系统、轻轨系统、单轨系统、现代有轨电车、悬浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统^[1]。现代有轨电车系统是低运量的轨道交通系统,可作中小城市主干交通运输工具,或大城市的市郊线的补充

工具^[2]。

在现代有轨电车交通建设过程中,其车辆基地往往会占用较大的城市用地。但是,城市土地价值高。为减少土地浪费^[3-4],本文研究了现代有轨电车大修、中修能力以及检修库的地面积指标问题。通过分析大修流程及检修效率等得出大修规模建议值,同时通过作图法探讨不同模块及列位布置情况下检修区所需面积,提出了用地面积指标。

1 储能式现代有轨电车检修流程

1.1 储能式现代有轨电车技术参数

以广州海珠线为例,车辆初期由 4 模块组成,每个模块带 1 台转向架。车辆包含 3 台动力转向架和 1 台非动力转向架,其编组模式为:

$$= Mc1 + M ++ T + Mc2 =$$

其中: = 为车钩, + 为单铰接装置, ++ 为双铰接装置; Mc 为带司机室的动车模块, T 为拖车模块, M 为动车模块。

车辆基本参数如表 1 所示^[5-6]。

表 1 储能式现代有轨电车车辆基本参数		mm
参数	数值	
车辆宽度	2 650	
车辆长度	36 360(4 模块);71 920(8 模块)	
地板面高度	350	
转向架中心距	8 600(车头与中间车); 9 180(两中间车)	
轴距	1 800	

1.2 中修检修流程

根据《上海市有轨电车工程设计规范》的规定及其他地方现代有轨电车设计标准,车辆检修流程如表 2 所示。

中修作业主要对车辆进行全面检查和修理工作。主要包括拆卸及组装受电装置、空调单元、转向架、牵引及制动系统、车门以及车内设施等;最后

对车辆进行静动态调试。

表 2 车辆检修规程

车速	维修等级	周期	运营里程/(万 km)	停修时间/d
70 km/h	大修	10 a	90.00	30.0
	中修	5 a	45.00	20.0
	三级修	1 a	9.00	7.0
	二级修	3 月	2.25	1.0
	一级修	1 周	0.20	0.5

参考国内各城市现代有轨电车运营检修效率、车辆中修作业流程、车辆检修作业人员配置情况,得到各个部件检修区检修能力,如表 3 所示。在计算其它模块数、人员配属数的工区检修能力时,可按表 3 数据等比例确定。以每年工作时间为 250 d 考虑,得到每个工区年检修能力(见表 3)。

表 3 海珠线有轨电车各部件中修检修区检修能力

部件检修区	人数/人	检修时间/d	年检量/列
制动系统检修区	4	6	41
电子部件检修区	4	3	83
电器检修区	8	6	42
门窗、贯通道区	12	9	28
储能装置检修区	8	10	25
转向架检修区	16	16	15
车体检修区	8	4	62
空调检修区	8	8	31
车钩缓冲器检修区	4	6	42
受电弓检修区	2	3	83
蓄电池充放电间	2	5	50
车辆调试	4	4	62

车辆中修流程中,转向架拆装、静动态调试无法和其他部件同步进行,占用时间比例较高,转向架检修时间较长。此外所有的设备在安装前必须待车体检修完成之后,需要耗费一定的等待时间。由此可知,转向架检修、静动态调试及车体检修是整个中修工艺流程的瓶颈点。

1.3 大修检修流程

大修作业主要是对车辆进行全面检查、修理工作。主要包括对车辆各系统部件进行拆卸、维修、组装,对车体进行整修作业;最后对车辆进行静动态调试。

有轨电车大修与中修相比差别在于车辆部件均需从车上拆卸,运送至部件检修区进行检修。根据国内各个城市的有轨电车检修工艺流程及配属人员,得到各个部件检修区检修能力,如表 4 所示。在计算其它模块数、人员配属数的工区检修能力时,可按表 4 数据等比例确定。以每年工作时间为

250 d 考虑,每个工区年检修能力如表 4 所示。

由表 4 可知,转向架检修、静动态调试及车体检修是整个大修工艺流程的瓶颈点。

表 4 海珠线有轨电车各部件大修检修区检修能力

部件检修区	人数/人	检修时间/d	年检量/列
制动系统检修区	4	9	28
电子部件检修区	4	3	83
电器检修区	8	7	36
门窗、贯通道检修区	12	11	23
储能装置检修区	8	10	25
转向架检修区	16	18	14
车体检修区	8	4	62
空调检修区	8	9	28
车钩缓冲器检修区	4	11	23
受电弓检修区	2	3	83
蓄电池充放电间	2	5	50
车辆调试	4	7	36

注:大修规模较大时可不考虑间隔时间;大修规模较小时应考虑间隔时间;车辆为 4 模块

1.4 大、中修能力分析

1.4.1 大、中修列位数≤4 时

当大、中修列位数≤4 时,大、中修库年检修任务量为 46 列列车(大修及中修各一半),转向架检修区通过 3 班工作制检修能力达到 43.5 列列车,可以满足任务需求。

1.4.2 大、中修列位数>4 并≤6 时

当中修列位数>4 时,鉴于既有的转向架检修区能力达到饱和,应适当增加转向架检修区的面积并增派人员。

当大、中修线列位数>4 并≤6 时,大、中修库年检修任务量约为 69 列列车(大修及中修各一半)。当大、中修线列位数为 7 时,大、中修库年检修任务量约为 80 列列车。

按 3 班工作制考虑,门窗、贯通道检修区大修及中修能力可达 76.5 列列车,储能装置检修能力可达 75 列列车。空调检修区可达 88 列列车,车钩缓冲器检修区可满足 97.5 列列车的需求。

综上所述,当大、中修列位数为 6 时,转向架检修区面积应增大,其他工区通过 3 班工作制仍可满足检修任务需求。

1.4.3 大、中修列位数为 7 时

当大、中修列位数为 7 时,门窗、贯通道检修区及储能装置检修区的检修任务无法满足检修任务量,应增加其检修区的面积及办公人数。车辆基地占地面积较大,线网列车配送距离较远,且国内大、中修列位数达到 7 时的车辆基地较少,此时建议增

设 1 处大、中修基地。

2 大、中修检修库用地面积分析

大、中修检修库用地面积与其内所设置的各类检修区所需面积有关。大、中修库内所设置的部件检修区主要包括空调检修区、受电弓检修区、车体检修区、门窗及贯通道检修区、车钩缓冲器检修区、电器检修区、电子检修区、制动检修区、转向架检修区、车体喷漆及预处理间等^[7-8]。

2.1 转向架及构架检修区面积

转向架构架检修批量大、专业性强、检修部件多,且转向架构架运输难度较大,建议有轨电车转向架构架及部件采用分布修的模式,在现代有轨电车大、中修车辆段内进行检修。

参考深圳、沈阳、淮安等现代有轨电车大修库转向架检修区的建筑面积,其范围为 2 120~2 488 m²。现代有轨电车转向架检修区域面积应采用包容性进行设计,建议每个转向架部件及构架检修区面积宜为 2 500 m²。

当大、中修列位数超过 4 条,需要增大面积的部件检修区包括转向架分解区、转向架组装区、构架检修区及轴承组装区,其面积增加约为 30%~50%。

2.2 车体检修区面积

车体检修是检修流程的关键步骤,是整车装配流程完成的前提条件。通过作图法,统计 4 模块及 6 模块车体检修区单位模块所占面积。4 模块时 2 列位和 3 列位车体检修区面积分别为 161 m² 和 157 m²,6 模块时 2 列位和 3 列位车体检修区面积分别为 134 m² 和 130 m²。

大、中修线分别为 1~4 列位、列车模块数为 4 模块和 6 模块时的车体检修区面积,如表 5 所示。喷漆预处理间一般满足 1 列列车使用需求即可,其面积宜根据作图法选取固定值。

表 5 车体检修区面积

项目	不同列位时车体检修区及喷漆区面积/m ²			
	1 列位	2 列位	3 列位	4 列位
4 模块	车体检修间	644	1 288	1 884
	喷漆预处理间	696	696	696
6 模块	车体检修间	804	1 608	2 412
	喷漆预处理间	860	860	860

参考运营使用经验,当大、中修列位数不超过 4 时,喷漆预处理间面积按 1 列列车需求进行考虑;当大、中修列位数超过 4 条时,喷漆预处理间面积按 2

列位进行考虑。

检修区移车台宽度约 17 m,参考国内其它地区现代有轨电车车辆段大、中修库的宽度,约为 100~130 m(2~3 条大、中修线,大、中修线增加时按比例增加),因此得到移车台面积约 1 700~2 210 m²。

2.3 大、中修线单位模块面积

通过作图法,统计大、中修线单位模块所占面积:4 模块时,2 列位和 3 列位大、中修线面积分别为 277 m² 和 240 m²;6 模块时,2 列位和 3 列位大、中修线面积分别为 225 m² 和 195 m²。

由此可得,大、中修线数量较少时,面积指标偏大;当大、中修线数量较多时,面积指标偏小。对于列位数较多或模块数较多的情况,建议面积指标按 195 m²/车计算。

2.4 其它检修区面积

基于各检修区的工艺流程,参考深圳、沈阳、淮安等地区现代有轨电车执行的大修库的配置方案,建议其它检修区面积,如表 6 所示。

表 6 其它检修区面积指标

部件检修区	建筑面积/m ²	建议建筑面积/m ²
空调检修区	270≤·≤350	350
电器检修区	380≤·≤450	450
小部件检修区	120≤·≤180	180
制动检修区	200≤·≤350	350
车钩检修区	150≤·≤180	180
辅助办公用房	1 200≤·≤1 400	1 200≤·≤1 400
备品存放间	400≤·≤600	500≤·≤600

其中,建议辅助办公用房按双层进行设计,大、中修规模较少时,列位数≤4,辅助办公用房及备品存放间面积分别为 1 200 m² 和 500 m²;大、中修规模较大时,4<列位数≤6,辅助办公用房及备品存放间面积分别为 1 400 m² 和 600 m²。

在计算大、中修库用地面积时,辅助办公用房面积按一半进行考虑。

3 大、中修库面积指标

综上所述,可得大、中修库用地面积参考值,如表 7 所示。

4 结语

大、中修列位数≤4 时,转向架检修区能力达到饱和;当中修列位数>4 时,需要加大转向架检修区面积;当大、中修线列位数≥7 时,建议增设 1 处大、

表 7 大、中修库用地面积

大修列位数	编组模块数	车体检修区 面积/m ²	大、中修 线面积/m ²	转向架检修区 面积/m ²	其它检修区 面积/m ²	大、中修库 建议面积/m ²
2	4	1 984	2 216	2 500	2 610	9 310
2	6	2 468	2 700	2 500	2 610	10 278
3	4	2 580	2 880	2 500	2 610	10 570
3	6	3 272	3 510	2 500	2 610	11 892
4	4	3 208	3 120	2 500	2 610	11 438
4	6	4 076	4 680	2 500	2 610	13 866
5	4	3 992	3 900	3 750	2 810	14 452
5	6	5 620	5 850	3 750	2 810	18 030
6	4	4 512	4 680	3 750	2 810	15 752
6	6	6 400	7 020	3 750	2 810	19 980

中修基地。同时为控制有轨电车用地面积,并为大修库房地面积提供参考依据,大修库占地面积可在 9 310~19 980 m² 之间合理取值。

参考文献

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市公共交通分类标准: CJJ/T 114—2007[S].北京:中国建筑工业出版社,2007.

[2] 徐正和.现代有轨电车的崛起与探索[J].现代城市轨道交通, 2005(2): 12.

[3] 牛悦丞,李芾,杨阳,等.国外新一代 100%低地板有轨电车技术特征及发展趋势[J]铁道标准设计,2018, 62: 144.

[4] 霍凯宇.现代有轨电车项目建设可行性研究及技术方案[D].成都:西南交通大学,2014.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 中华人民共和国住房和城乡建设部.低地板有轨电车车辆通用技术条件: CJ/T 417—2012[S].北京:中国标准出版社,2012.

[8] 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.

(收稿日期:2019-02-14)

(上接第 143 页)

1) 对参考速度进行筛选校准,尽可能反映真实车速;对加速度进行低通加高通滤波提取,减小噪声影响。

2) 根据当前轨面情况,在线实时调整判据阈值,以防止转矩动作超前或滞后。

3) 锁存当前触发空转时刻转矩,采用快降、慢降、快升、慢升 4 步进行转矩调节,以减小转矩波动。

4) 试验结果表明列车运行平稳,乘客舒适度较高,黏着利用率大于需求,控制性能优越。

黏着控制只能尽可能提高黏着利用率,当在恶劣天气轨面黏着较差的工况下,制动距离仍会较正常工况长。因此列车在恶劣天气运营时,建议采用司机手动驾驶模式或 ATO 驾驶时设置特殊控车模式,制动时应预留足够的停车距离,避免冲标。

参考文献

[1] 冯晓云.电力牵引交流传动及其控制系统[M].北京:高等教

育出版社,2009.

[2] 高翔,张波.电力机车黏着控制分析[J].铁道机车车辆,2011(3): 22.

[3] 李江红,胡云卿,彭辉水,等.轨道交通粘着利用控制的关键技术与方法[J].机电传动,2014(6): 1.

[4] NAKAZAWA S. Development of a new wheel slide protection system using a new detection algorithm[J].Quarterly Report of RTRI,2011(3): 136.

[5] 王广凯,李培曙.浅谈制动粘着系数的定义、影响因素及测试方法[J].铁道车辆,2004(9): 23.

[6] 崔虎山,陈磊,刘中华,等.地铁车辆制动防滑控制故障分析[J].城市轨道交通研究,2019(4): 17.

[7] 何小兵.轨道交通车辆防空转和滑行控制策略研究[J].电力机车与城轨车辆,2015(3): 59.

[8] 李云峰.基于最优蠕滑率的粘着控制方法研究[D].成都:西南交通大学,2011.

[9] 姚远,张红军,罗赞,等.基于虚拟样机的机车黏着控制研究[J].铁道学报,2010(6): 96.

(收稿日期:2019-05-29)