

现代有轨电车交通工程设计要点

陈城辉¹ 周 婕²

(1. 林同棧国际工程咨询(中国)有限公司, 401121, 重庆;

2. 重庆市市政设计研究院有限公司, 400020, 重庆//第一作者, 高级工程师)

摘 要 现代有轨电车是一种新型快速公交系统,越来越多的城市已经建成或规划建设有轨电车系统。交通工程设计对保障行人、社会车辆与有轨电车协调有序和安全运行至关重要。目前,缺乏对有轨电车沿线交通工程设计的统一标准,既有的有轨电车线路沿线交通工程设计情况也参差不齐。因此,有必要将有轨电车纳入传统道路交通三要素中,明确有轨电车交通工程设计的目标和主要设计原则,并提出交通工程设计的主要设计内容、总体设计流程,以及交通组织设计、交通设施设计的关键设计要点,为未来有轨电车交通工程设计提供有益参考。

关键词 现代有轨电车; 交通工程设计; 交通组织设计; 交通设施设计

中图分类号 U121

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.05.023

Essential Design Points of Traffic Engineering Design for Modern Tram

CHEN Chenghui, ZHOU Jie

Abstract Modern tram is a new type of rapid transit system, more and more cities have built or are planning to build tram systems. Traffic engineering design is crucial to ensuring safe operation and smooth coordination of pedestrians, social vehicles and trams. However, current traffic engineering design along tram lines is lacking unified standard, and existing traffic engineering designs along tram lines are also uneven. Therefore, it is necessary to integrate trams into the three elements of traditional road traffic, to define the objectives and main principles of traffic engineering design, and to put forward main design contents, overall design process, as well as essential design points of traffic organization design and traffic facilities design, providing useful reference for future tram traffic engineering design.

Key words modern trams; traffic engineering design; traffic organization design; traffic facilities design

First-author's address T. Y. Lin International Engineering Consulting (China) Co., Ltd., 401121, Chongqing, China

交通工程设计是有轨电车系统设计的重要组成部分,是协调人、车、道路有序安全运行的关键手段。由于有轨电车通常是在城市建成区并采用地面敷设方式,对既有道路交通影响较大,因此交通工程设计的质量直接关系到有轨电车沿线交通秩序和安全。目前,国内现行的有轨电车设计规范对交通工程设计部分缺乏详细的阐述,上海市有轨电车交通工程设计规程也正处于编制阶段,已经建成有轨电车线路的城市,沿线交通工程设计也参差不齐,标准不一;另外,国内外学者更多关注的是有轨电车站台布设方式^[1]、交叉口交通组织^[2-3]、交叉口交通工程设计^[4]、交叉口信号优先设计^[5-6]等,缺乏对交通工程整体性设计的考虑。因此,有必要对有轨电车交通工程设计要点进行研究和总结,以期对未来有轨电车交通工程设计提供有益参考。

1 有轨电车交通工程设计概述

常规的道路交通三要素包括:人(驾驶员、行人、乘客)、车(小客车、货车、公交车、非机动车)、路(车行道、人行道)。传统城市道路交通工程设计主要就是围绕以上三要素,按照相关设计规范(如 GB 5768、GB 51038 等)开展交通优化设计工作,以达到人、车、路与周边环境安全、高效、便捷地运行。然而,现有的设计规范均未将有轨电车纳入设计规范作为考虑范畴,有轨电车的车型、车辆运行技术参数、运营管理要求与常规道路车辆有较大差异,在有轨电车的道路,其交通工程设计需要特殊考虑。因此,有轨电车交通工程设计就是将有轨电车这一特殊交通主体纳入到传统道路交通三要素中统筹考虑,通过交通组织优化、交通安全设施设计和交通管理优化设计等措施,在尽可能减少有轨电车对既有道路交通影响的同时又充分发挥有轨电车的功能效益。

为实现以上设计目标,有轨电车沿线交通工程

设计需要遵循以下设计原则:①需求导向。交通工程设计的最终目标都是为了实现道路交通功能和有轨电车运输服务功能,明确道路及有轨电车线路的功能定位、交通需求,这是开展交通工程设计的基本原则和基础。②公交优先、兼顾公平。作为中运量快速公共交通系统,交通工程设计应体现公交优先原则,同时又需要兼顾其他道路交通参与者公平使用道路交通资源的权利。③以人为本。从人性化角度设计,满足不同交通参与者的出行需求,提高出行的安全性、舒适性和便捷性。④因地制宜。在参照相关设计规范的同时,充分考虑实际设计条件,因地制宜提出最科学合理、经济可行的交通工程设计方案。

2 交通工程设计技术流程

有轨电车交通工程设计是对前期规划、可研阶段方案的深化,也是实施阶段的建设依据,是整个建设工程承上启下的重要阶段。一般来说,交通工程设计的重点工作包括现状及规划条件调研分析、交通组织设计、交通设施设计以及交通评估分析。其设计流程如图1所示。

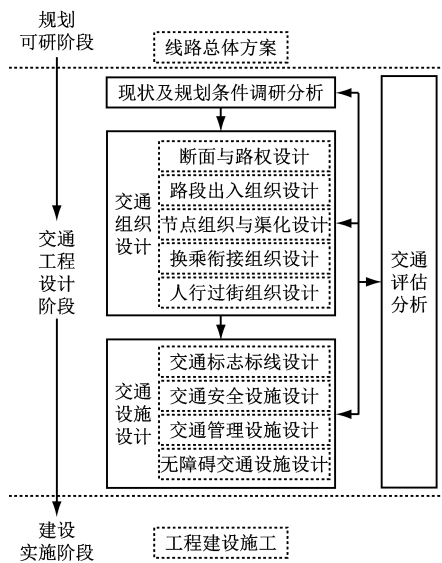


图1 有轨电车交通工程设计流程

现状及规划条件调研分析是开展交通工程设计的前提,在明确有轨电车功能定位、交通需求以及建设条件后,重点开展交通组织设计和交通设施设计两部分内容。其中,交通组织设计包括车道功能划分与路权组织、沿线地块出入交通组织、节点交通组织与渠化设计,以及公交、轨道、非机动车等换乘衔接组织以及人行过街组织设计等;交通设施

设计主要包括交通标志标线、安全隔离设施、交通信号管控设施设计,以及无障碍交通设施设计等。

另外,交通评估分析是贯穿整个工程设计阶段的重要工作内容。一方面,通过调研分析评估有轨电车线路对现状及未来交通的影响,可为交通组织提供设计依据,同时在断面与路权设计、路段交通组织、节点组织等设计过程中,也需要不断评估各种交通组织设计是否满足各种交通参与者交通需求,是否经济合理且高效地实现既定功能目标;另一方面,标志标线等交通设施设计也同样需要分析评估设计方案的合理性、经济性和可实施性。只有通过不断交通评估反馈优化,才能最终获得最优的交通工程设计方案。

3 交通组织设计

3.1 断面组织设计

有轨电车交通组织设计是交通工程设计的核心,也是开展交通设施设计的基础。交通组织设计首先需要明确有轨电车线路断面布置形式和路权模式。断面布置一般为路中敷设、路内双侧敷设、路外单侧或双侧敷设,如图2所示。路权模式有如下三类:独立、半独立和混合路权,各种断面组织形式优缺点及适用情况见文献[7]。

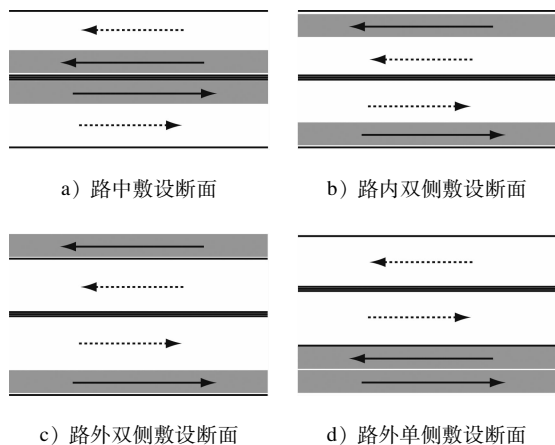


图2 有轨电车典型断面敷设方式

在实际设计过程中,需要考虑沿线道路条件、用地布局、交通出行需求并结合有轨电车功能定位,灵活合理选择轨道断面布局、车道功能划分以及路权模式。三种路权模式并不一定是绝对的,也可根据实际需求,采用分时段、分区域划分专用路权,如图3所示。路段高峰时段有轨电车具有独立路权,禁止其他车辆进入;而在交叉口进口道处,考

考虑到有轨电车发车频率和停靠需求,可采用全时段独立路权模式。

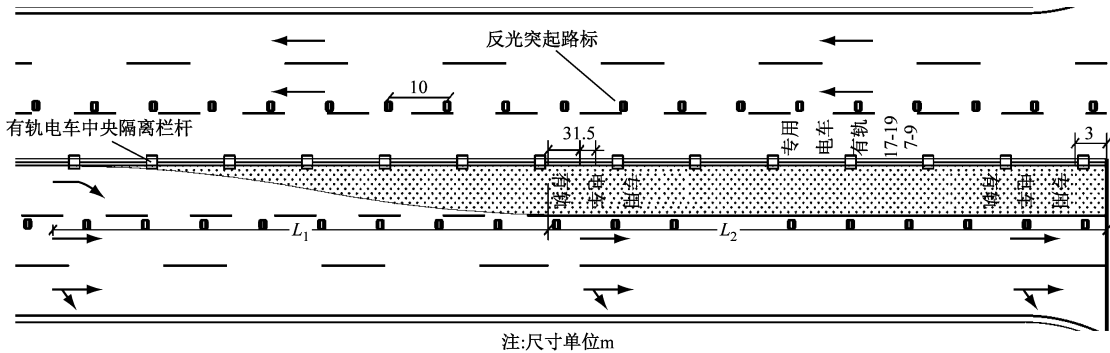


图3 路口特殊路权模式平面示意

3.2 路段用地出入组织设计

为减少路侧地块进出车辆对有轨电车线路和主线交通的频繁干扰,沿线地块应采用右进右出方式进出。对于路中敷设方式,地块车辆右进右出对有轨电车影响较小,沿线地块左转出入车辆可通过路网绕行或路口掉头组织。当相邻掉头路口距离超过800 m时,可结合人行过街横道设置路段掉头。

对于路侧敷设有轨电车线路,进出车辆需要穿越有轨电车区域,应在穿越前设置明显的有轨电车警告标志,有条件情况下可在轨道行车道外侧拓宽设置机动车辅道。当有轨电车发车频率较高时,可考虑设置感应信号灯,通过安装在距离出入口一定安全距离范围的有轨电车检测设备,当检测到有轨电车到达时信号灯变为红灯,此时禁止其他车辆进出(见图4)。

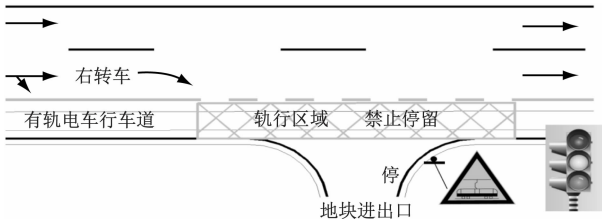


图4 路侧敷设线路地块出入口组织

3.3 节点交通组织与渠化设计

除独立路权线路外,其他有轨电车线路与城市道路相交均采用平面交叉方式,且均应采用信号灯控制。作为城市道路交通转换的节点,路口交通工程设计需要考虑电车在路口的运行轨迹、电车站台设置情况、路口人车通行需求特征、用地建设条件等因素,按照相关设计规范^[8-9]进行节点组织和渠化设计,明确路口车道功能分配、车道宽度、展宽段长度等。当拓宽条件有限时,可根据路口交通流量情况设置可变车道或者禁止部分路口左转。典型路口渠化设计如图5所示。

3.4 换乘衔接组织设计

换乘衔接组织包括有轨电车与常规道路公交、轨道、非机动车换乘以“P+R(停车换乘)”换乘。对于路中有轨电车线路,通常通过优化有轨电车站点、公交站点以及非机动车换乘点布局,使得各换乘点控制在一定距离范围内,以方便乘客快捷换乘。路中设站有轨电车与其他交通的换乘组织如图6所示。

对于路侧式有轨电车线路,可考虑将公交车站与有轨电车车站做一体化设计。有轨电车和道路

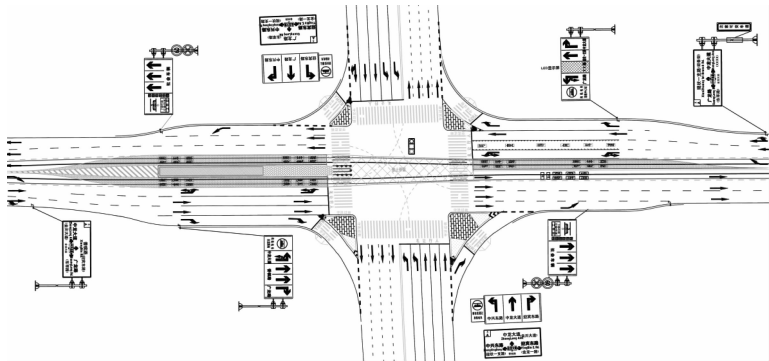


图5 典型路口交通组织与渠化设计

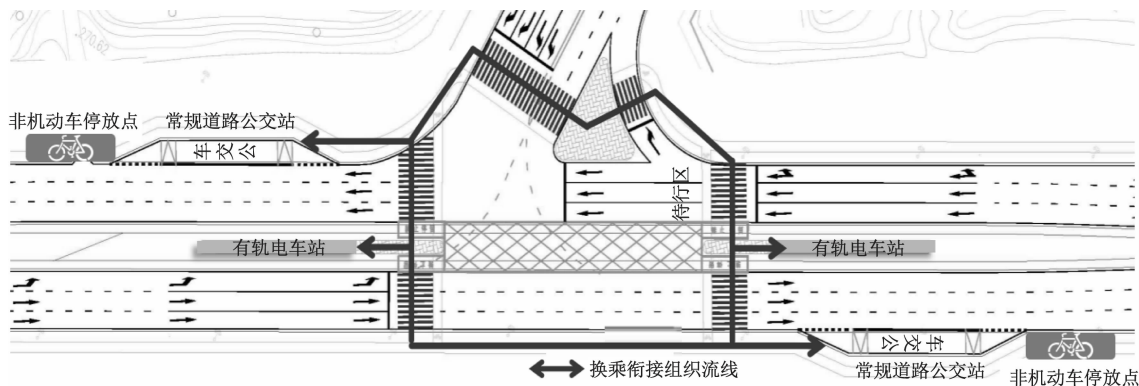


图6 路中设站有轨电车换乘组织示意图

公交乘客共享步行通道,连接到人行道,实现与道路公交、非机动车的无缝换乘。路外和路侧敷设方式的有轨电车与常规道路公交站台一体化设计示意图如图7所示。

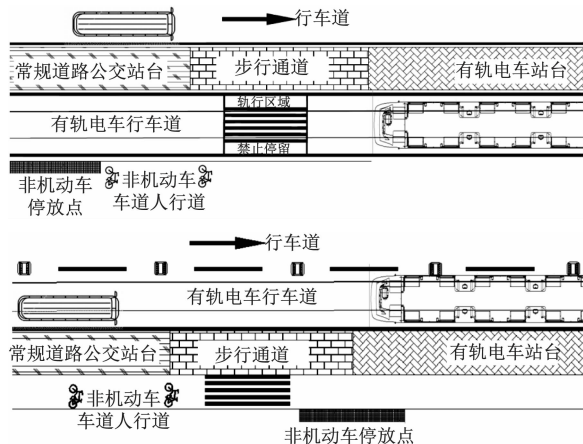


图7 有轨电车与常规道路公交站台一体化设计示意图

3.5 人行过街组织设计

行人过街主要包括立体过街和平面过街两种方式。有轨电车沿线应优先考虑平面过街方式,特殊情况下可以选择立体过街方式。通常在交叉口处设置人行横道线,满足主线两侧行人过街和乘客换乘交通需求。当沿线相邻交叉口相聚较远,中段无人行过街设施而两侧用地过街需求较大时,应根据道路等级,结合规范要求^[10]和有轨电车站点布局情况设置路段人行过街设施,且应配套信号灯和人行过街按钮控制,保证路段行人通行秩序和交通安全。

4 交通设施设计

4.1 标志标线设计

常规道路交通标线主要包括导向箭头、车道分界线、人行横道线、停车线、黄色网格线等,应按照GB 5768等相关规范要求设计。对进口道采用全时

段独立路权的路口处,可考虑在有轨电车车道增设醒目地面文字标记,进口道处可设置彩色沥青铺装。如图3所示,渐变段长度 L_1 和实线段长度 L_2 需综合考虑电车长度、社会车辆运行速度、变道合流等因素设计。

除了传统指路、指示、警告和禁令标志外,有轨电车沿线还需要结合实际需要配套设计相关交通标志,包括有轨电车指路标志、有轨电车专用车道指示标志以及有轨电车警告标志等。交叉口交通标志设计情况如图5所示,具体需要根据交通组织情况、路口建设条件等进行设计。主要标志版面设计如图8所示,规格颜色等均应满足相关规范要求。

4.2 安全隔离设施设计

交通安全设施是保证有轨电车及沿线车辆、行人通行秩序和安全的重要组成部分。有轨电车沿线交通安全设施设计主要包括有轨电车隔离护栏、人行隔离栏杆、防撞桶等,参照相关规范要求设计^[11]。其中,有轨电车线路与相邻机动车道、非机动车道、人行道之间应设置明显的分隔设施,如护栏、隔离墩、路缘石、反光道钉等;采用中央隔离栏杆分隔对向有轨电车,与社会车相邻车道分界线采用黄色标线和反光道钉分隔(如图3所示)。具体隔离设施应根据实际需求和道路景观统筹考虑设计方案。

4.3 交通管控设施设计

为减少交通冲突,保证有轨电车沿线车辆、行人安全,在交通转换交叉口及平面人行过街路段均采用交通信号控制方式,具体控制策略需要根据电车发车频率、路口转换交通需求量灵活选择,并体现公交优先原则。对于路段人行过街信号灯设计,从以人为本的角度,人行灯采用按钮式。无行人通行时,有轨电车和社会车辆信号灯常绿;有行人通

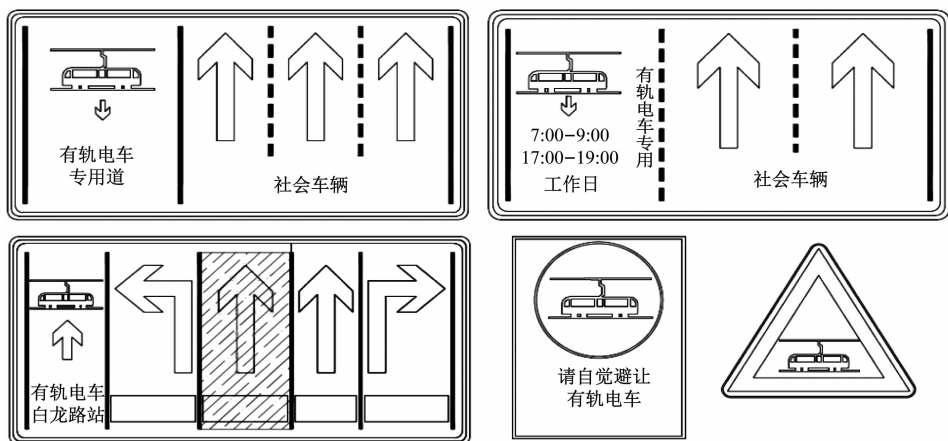


图8 有轨电车主要交通标志版面设计

行需求时,在下一个信号控制周期允许行人过街。人行灯放行时间和放行频率,需要兼顾行人过街最短时间以及有轨电车通行效率,在运营时期需要根据电车发车频率、人行过街需求、社会车辆交通流量情况等经综合调试确定。

另外,有轨电车沿线还需要完善交通电子执法设施,以保障沿线交通有序稳定运行,包括闯红灯抓拍电子警察、违法停车抓拍以及变道抓拍等。闯红灯抓拍电子警察与信号灯配套设置,在易发生违停而干扰主线交通秩序的路段设置一体式自动违法停车抓拍,同时,对于采用非硬质隔离的有轨电车线路,考虑设置必要的变道抓拍设备,以遏制违法侵占有轨电车车道的交通违法行为。

4.4 无障碍设施设计

传统交通工程大多围绕机动车出行需求设计,按照以人为本的设计理念,有轨电车交通工程设计应考虑残障人士的交通出行需求,统一进行无障碍交通设施设计。其中,对于盲人或弱视群体,设计连续的人行盲道,颜色建议采用识别率高的亮黄色。同时,在路口人行信号灯设计具备语音播报提示功能,对于行走不便人士,人行道采用缓坡设计,路口处设计三面坡,在人行道和车站设计必要的扶手、座椅等,具体应按照国标规范要求进行无障碍设施设计。

5 结语

将有轨电车这一特殊交通参与主体纳入到传统道路交通三要素中,开展交通工程设计势在必行。本文围绕有轨电车交通工程设计目标和设计原则,明确了交通工程设计的主要设计内容和总体

设计流程,并逐一阐述交通组织设计、交通设施设计的主要设计技术要点和设计要求,可为未来有轨电车交通工程设计提供有益参考。

参考文献

- [1] 李际胜,姜传治.有轨电车站站布置及交通组织设计[J].城市轨道交通研究,2007(5):38.
- [2] 祖永昶,卢健,付强,等.苏州有轨电车1号线交叉口交通组织分析[J].城市轨道交通研究,2016(3):61.
- [3] 张华,付一娜,任俊利,等.现代有轨电车交叉口交通组织研究[J].城市轨道交通研究,2014(11):119.
- [4] 姬霖.新型有轨电车交叉口一体化设计[J].都市快轨交通,2017(6):117.
- [5] JEONG Y J, KIM Y C. Tram passive signal priority strategy based on the MAXBAND model [J]. Journal of Civil Engineering, 2014, 18(5):1518.
- [6] ZHAO B B, ZHANG Y, ZHANG Z, et al. Study on signal priority implement technology of tram system [J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2013, 96:905.
- [7] 张子栋.有轨电车系统规划设计研究[J].城市交通,2013(4):30.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市道路交叉口设计规程:CJJ 152—2010[S].北京:中国计划出版社,2010.
- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市道路交叉口规划规范:GB 50647—2011[S].北京:中国计划出版社,2010.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部,国家质量监督检验检疫总局.城市道路交通设施设计规范:GB 50688—2011[S].北京:中国计划出版社,2011.
- [11] 中华人民共和国交通部.公路交通安全设施设计细则:JTG/T D81—2017[S].北京:人民交通出版社,2017.
- [12] 中华人民共和国住房和城乡建设部.无障碍设计规范:GB 50763—2012[S].北京:中国计划出版社,2011.

(收稿日期:2019-06-18)