

亦庄新城现代有轨电车 T1 线沿线交通设计分析

丁立亚

(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京市 100082)

摘要: 有轨电车具有安全、快捷、成本低等优点,但会占用一定的道路资源,对现状道路横断面布置以及交叉口交通组织带来一定影响。结合亦庄新城现代有轨电车 T1 线工程,分析有轨电车与城市道路系统之间合理的路权分配模式;通过交通量预测,确定道路交通需求,并结合铺设轨道后对现状道路的影响,在满足道路交通需求、减少工程量、减少现状树木伐移的前提下,确定道路横断面合理的调整方式;根据相交道路等级、交通流量大小,对铺设轨道后城市道路交通系统在交叉口处的交通组织进行分析,探究有轨电车系统、机动车系统、慢行系统三者之间合理、高效的交叉口交通组织形式,针对不同情况,采取共享相位、绝对优先控制或相对优先控制等策略;结合岛式、侧式车站设置不同的行人二次过街等候设施,并通过施划交通标线明确非机动车道路权,确保慢行系统的安全、有序。最后总结了亦庄新城现代有轨电车 T1 线在横断面布置、交叉口交通组织、慢行系统交通等方面的设计经验。

关键词: 有轨电车;横断面;交叉口;交通组织

中图分类号: U412

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)08-0001-04

0 引言

现代有轨电车系统为采用现代有轨电车车辆,与其他交通形式共同享有路权或拥有独立路权,以平交路口为主,并同时具有轨道和城市道路两种特征,主要承担公交职能的一种轨道系统^[1]。其系统通过电力驱动,是一种绿色交通形式。与轻轨、地铁等其他轨道交通相比,现代有轨电车系统运量相对较小,相应的建设成本较低,同时其运营、后期维护等成本也相对较低。

有轨电车作为一种设置于道路路面之上的公共交通形式,会占用部分城市道路红线内的空间,因此应注重有轨电车沿线布设方式、道路横断面设计,以及沿线的交通组织,从而实现有轨电车与城市道路的有机融合。本文以北京经济技术开发区亦庄新城现代有轨电车 T1 线(以下简称“T1 线”)为工程实例,从道路横断面布置、平面交叉口交通组织等方面探讨有轨电车与城市道路之间的协调布设关系。

1 T1 线项目工程概况

T1 线南起规划老观里站,向北沿瑞合路—博兴路—荣昌西街—荣昌东街—科创街铺设,终点位于规划定海园站^[2]。

收稿日期: 2020-12-23

作者简介: 丁立亚(1989—),男,硕士,工程师,从事城市道路设计工作。

全线共设置 15 座车站,均为地面式车站,其中 10 座为岛式车站,5 座为侧式车站,起点处设置 1 处车辆段,终点处设置 1 处停车线,如图 1 所示。



图 1 T1 线线路示意图

2 有轨电车路权模式分析

2.1 有轨电车路权模式分类

根据有轨电车对道路的占用形式及程度,其路权模式可分为独立、优先和混合 3 种。

(1) 独立路权

独立路权是指在某些特定的道路或路段上,有轨电车占有绝对的道路路权。常见的形式有高架、地下隧道,以及封闭、独立的有轨电车道等。独立路权模

式需要新建专用道路,交叉口需要采用立体交叉,造价较高,工期较长。

(2) 优先路权

优先路权是指通过道路标线或护栏、分隔带等物理隔离设施将部分车道分配给有轨电车,并在交叉口保证有轨电车信号优先,保证其优先通过信号灯路口。该路权模式对原道路改造较少,具有造价相对较低、工期相对较短的优点。

(3) 混合路权

混合路权是指有轨电车与其他车辆共同享有路权。该路权模式改造工程量小、造价低,但有轨电车与其他车辆混行,运营效率较低,准时性难以保证^[3]。

2.2 有轨电车路权模式组合

有轨电车与其他车辆共同使用红线内道路空间时,模式组织较为灵活,可将多种路权模式进行组合。其中,主要包含 2 种:分段组合和分时组合^[4]。

(1) 分段组合

有轨电车线路往往较长,一般会布设在由多种道路横断面组合而成的城市道路上,因此需要根据不同路段的横断面情况,分段采用不同的路权模式组合,以期在对现状道路及交通影响较小的前提下,尽可能提高有轨电车的运营效率。

(2) 分时组合

有轨电车具有公共交通属性,在早、晚高峰时段可采用优先路权模式,在平峰时段可采用混合路权模式。

3 横断面布置

铺设轨道后的城市道路横断面布置,需要结合有轨电车占用道路路权的模式、铺设车道后对现状道路的影响及道路本身的交通需求等方面综合确定。

3.1 车道数分析

瑞合路、荣昌东街段在现状中央隔离带内铺设 T1 线轨道后满足限界要求,因此可不必要对现状横断面进行调整;其他路段进行车道数测算。单向车道数计算公式:

$$N = \frac{B_{AADT} \times K \times D}{C_D} \quad (1)$$

式中: B_{AADT} 为设计远景年平均日交通量,pcu/d; K 为设计小时交通量系数,取 0.09; D 为交通量方向分布系数,取 0.52; C_D 为单车道设计通行能力(pcu/h),T1 线沿线主干路设计速度为 50 km/h,单车道设计通行

能力取 1 350 pcu/h。

车道数计算见表 1。

表 1 车道数计算表

路段	道路等级	方向	远景年平均日最大交通量 / (pcu·d ⁻¹)	单向通行能力 / (pcu·d ⁻¹)	车道数
博兴路、荣昌西街段	城市主干路	由南向北	24 111	700	3.10
		由北向南	23 622	700	3.04
科创街段	城市主干路	由南向北	21 111	700	2.71
		由北向南	19 433	700	2.50

通过交通需求预测,博兴路、荣昌西街、科创街段宜采用双向 6 车道。此外,由于道路沿线公交线路较多,沿线两侧企业进出口较多,因此,结合道路红线范围内机动车道、非机动车道、人行道、绿带等各部分的合理组成及宽度,并以减少对现状树木伐移为前提,考虑两侧各增设一条多功能车道,作为公交车及企业进出口车辆的集散车道,减少对道路内侧车道的影响,提高交通运行效率。

3.2 道路横断面设计

T1 线采用优先路权、混合路权分段组合的方式布置。T1 线布设于道路中央隔离带内,路口范围内有轨电车与社会车辆共享混合路权,有轨电车若需要占用现状机动车道,则以“占一还一”作为设计原则。瑞合路、荣昌东街段在现状中央隔离带内铺设;博兴路、荣昌西街段需要改造现状道路新建中央隔离带,有轨电车利用新建的中央隔离带铺设;科创街段现状中央分隔带宽度不足以布设有轨电车轨道,因此需要将其进行拓宽,T1 线在改建后的中央隔离带内铺设。

因此,瑞合路、荣昌东街段维持现状横断面不变;博兴路、荣昌西街、科创街段布置 4 上 4 下 8 条机动车道(最外侧一条机动车道为多功能车道),在铺设 T1 线后,不折减原道路的通行能力。

如图 2、图 3 所示,瑞合路、荣昌东街段中央分隔带宽度足以满足布设有轨电车轨道后的轨道与道路之间的限界要求,故无须对现状横断面进行调整。

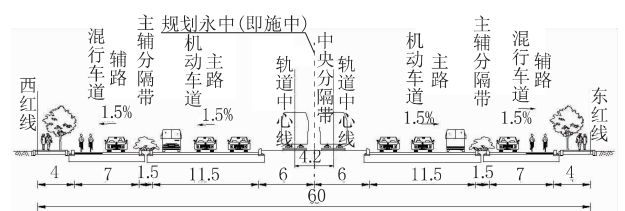


图 2 瑞合路(亦驰街—南六环)改造标准横断面设计图(与现状横断面相同)(单位:m)

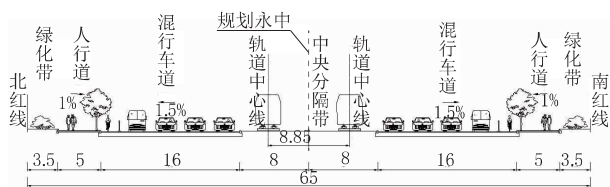


图3 荣昌东街(荣华南路—东环南路)改造标准横断面设计图
(与现状横断面相同)(单位:m)

如图4、图5所示,博兴路、荣昌西街(南六环路—荣华南路)现状无中央分隔带,无法将有轨电车布设于道路中央,以减少对沿线出入口及交叉口的交通影响;如图6、图7所示,科创街(经海一路—经海七路)现状中央分隔带宽度不满足布设有轨电车轨道的宽度要求。

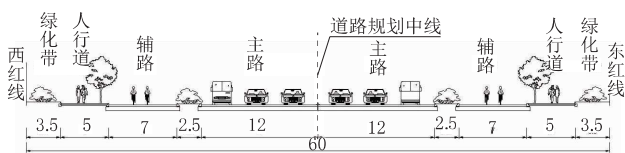


图4 博兴路、荣昌西街(南六环路—荣华南路)现状横断面图(单位:m)

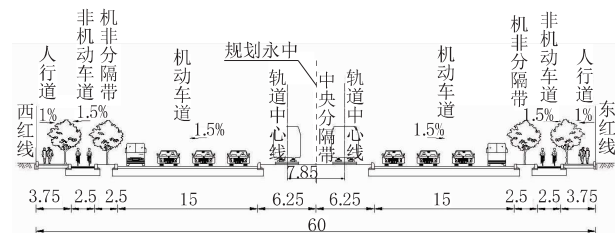


图5 博兴路、荣昌西街(南六环路—荣华南路)改造标准横断面设计图(单位:m)



图6 科创街(经海一路—经海七路)现状横断面图(单位:m)

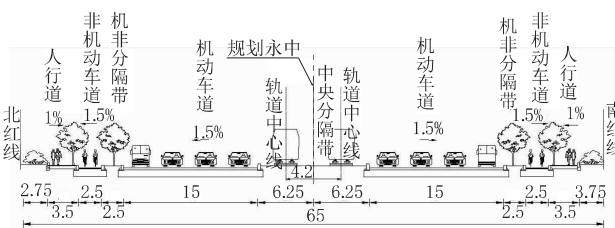


图7 科创街(经海一路—经海七路)改造标准横断面设计图(单位:m)

横断面设计方案:博兴路、荣昌西街(南六环路—荣华南路)新建中央分隔带,科创街(经海一路—经海七路)将现状中央分隔带拓宽以布设有轨电车车道。根据沿线交通量预测和车道数分析,博兴路、荣昌西街、科创街段宜采用双向6车道。此外,有轨电车车道两侧各增设一条多功能车道,作为公交车及企业进出口车辆的集散车道,以减少对道路内

侧车道的影响,提高交通运行效率。确定断面尺寸时,需要考虑对沿线原人行道树的保护,本横断面设计方案将原人行道树用作改造后机非分隔带树,减少对现状树木的伐移。

4 交通组织设计

有轨电车空间布置方案确定后,需要重点考虑有轨电车与城市道路系统之间的协调关系,尤其是交叉口处的交通组织形式以及交通信号控制策略。结合交叉口处右转导行岛的设置,简要介绍在保证交叉口右转机动车连续流通过的基础上,有轨电车与城市道路系统之间的协调组织。

4.1 采用共享相位的交通组织

有轨电车车道与主干路相交时,相交道路等级较高,交通量较大,与有轨电车正线交通量相近,故在交叉口配时时,在有轨电车加入后仍维持原配时方案,有轨电车车道与相交道路采用共享相位交通组织,如图8所示。

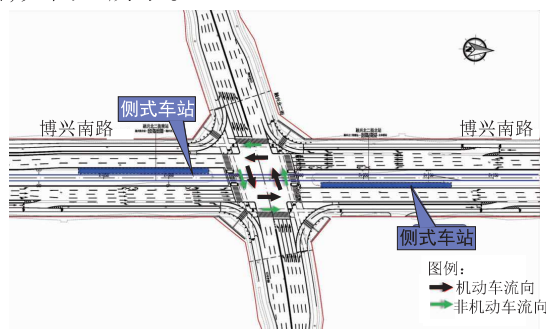


图8 共享相位交通组织平面示意图

4.2 采用优先相位控制策略的交通组织

有轨电车车道与低等级道路相交时,交通组织及信号灯配时应采用优先相位控制策略,使有轨电车快速通过路口,保证其运营效率。

优先相位控制策略包括2种:绝对优先和相对优先控制策略。

(1)绝对优先控制策略

在交叉口布设中央分隔带、护栏等物理隔离,或在有轨电车到达交叉口时,使有轨电车无须等待便可直接通过交叉口。如图9所示,在交叉口设置连续中央分隔带,有轨电车相交路右进右出。绝对优先控制策略在有轨电车沿线相交道路等级较低或交通量较小时采用。

(2)相对优先控制策略

为了降低铺设轨道有轨电车后对其他交通组成部分的影响,应优先选取相对优先控制策略^[5]。

在主干路—次干路相交路口,交通流量虽小于

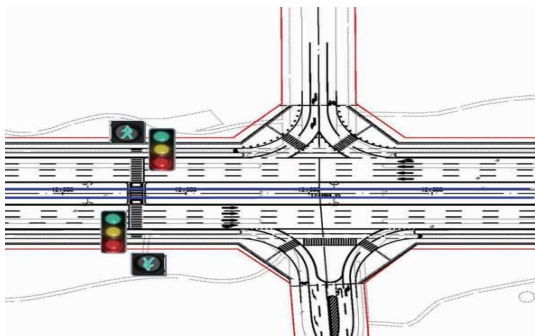


图 9 绝对优先控制策略示意图

有轨电车,但相差不大时,在保证有轨电车较快通行的同时,应尽量减少有轨电车对其他相交道路的交通延误。为此,T1 线选取延长有轨电车正线方向绿灯信号时长的优先方式。

在交叉口的进口道处安装检测器,在 T1 线到达交叉口前,检测系统经过判断后,延长绿灯相位配时。延长绿灯时间为有轨电车以指定车速从停止线行驶至相交路冲突点的时间。具体计算公式见式(2)。若检测系统未检测到有轨电车到达,则转至相交路固定绿灯相位,本信号周期不再进行相对优先策略配时。

$$T = (l + l_{\text{电车}}) / v \quad (2)$$

式中: T 为绿灯延长时间, s; l 为有轨电车停止线至相交道路冲突点的距离, m; $l_{\text{电车}}$ 为有轨电车车长, m; v 为有轨电车进入交叉口的平均车速, m/s。

4.3 慢行系统交通组织

(1) 灯控路口处慢行系统交通组织

根据规范^[6]要求,当穿越车行道的人行横道长度大于 16 m 时,应在分隔带或道路中心线附近的人行横道处设置行人二次过街安全岛。T1 线沿线在穿越车行道的人行横道长度大于 16 m 的各路口均设置行人二次过街安全岛。

岛式车站附近交叉口处,因有轨电车两轨间距较大,将行人二次过街安全岛设置于两条轨道中间,仍可满足安全岛与轨道之间的限界要求(见图 10)。



图 10 岛式车站交叉口处二次过街安全岛效果图

侧式车站附近交叉口处,因有轨电车两轨间距较小,需要将行人二次过街安全岛设于轨道外侧,轨

道两侧各设一处,安全岛内侧应满足与轨道之间的限界要求,安全岛外侧应位于相邻中央分隔带外侧边线之内,以保证位于安全岛内等候过街的行人的安全(见图 11)。



图 11 侧式车站交叉口处二次过街安全岛效果图

此外,如图 10、图 11 所示,非机动车均施划骑行轨迹白虚线,以保证非机动车骑行时的路权与安全。T1 线沿线交叉口由内到外路权分布依次为:机动车—非机动车—行人。

T1 线大多采用平层进出站的形式,结合道路的人行横道,实现乘客的进出站功能。对于客流量较大的车站及换乘站,预留过街天桥或地下通道的土建条件,如有必要后期实施,可减少客流对道路交通的影响,保证换乘的便利性。

(2) 非灯控路口处慢行系统交通组织

当有轨电车相交路方向交通量较小或道路等级较低时,为保证有轨电车在该路口快速通过,可将该相交路路口改为右进右出口,采用绝对优先控制策略(见图 9)。

此时,机动车辆可在相邻路口通过掉头实现左转。非机动车与行人若绕行距离较远,需要在路段设置过街设施,包括人行天桥、地下通道,或采用灯控人行过街、非灯控人行过街等过街形式。如图 9 所示,当采用灯控人行过街时,需要保证有轨电车通过时,非机动车、行人信号灯为红灯,非机动车、行人不得过街,以确保有轨电车在该路口快速通过。

5 结 语

本文结合北京经济技术开发区亦庄新城现代有轨电车 T1 线工程,分析总结了城市道路系统在加入有轨电车之后,在横断面布置、交通组织形式调整时应考虑的因素。

(1) 综合比选有轨电车不同的路权模式(独立、优先、混合路权)以及运营组织形式(分段、分时组合),确定 T1 线轨道的布置方式(布置于道路中央隔离带内)。

(下转第 9 页)

- (4)与快速路系统总体方案相协调。
- (5)满足车辆运行速度对站间距的要求。

6.4 中运量站点布设

根据上述布设原则, 全线共设置 14 座 BRT 车站, 其中 9 座为高架车站(罗南新村—行知路), 5 座为地面车站(龙潭—火车站北广场)。高架站台通过人行天桥到达地面。图 5 为中运量站点布置示意图。

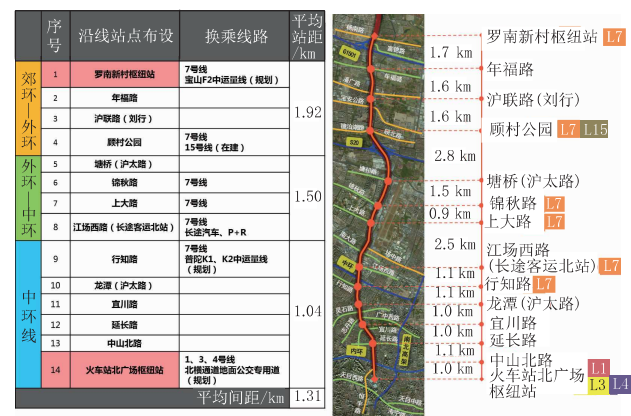


图 5 站点布置示意图

首末站设置枢纽站, 罗南新村衔接宝山区中运量规划线 F2 线(罗罗线), 火车站枢纽站衔接北横通道公交专用道。

BRT 线路全长约 18.4 km, 平均站距约 1.31 m。

7 复核通道设想

7.1 慢行系统提升

沪太路沿线慢行系统条件较差, 多处人行道宽度不足, 缺失行道树; S20 以北路段基本为机非混行, 与规划用地性质、沪太路城市发展轴的定位不符。

考虑将通道扩容后释放出的地面空间, 一部分用于扩容机动车道, 另一部分用于改善慢行系统, 设置与周边生态及人居环境相协调的慢行专用空间。

7.2 打造复合客运通道

对接市域中运量网络系统研究, 以快速大容量公交系统作为骨干, 以绿色自行车专用系统作为公交的重要支撑, 与快速化高架道路一体化建设, 打造一条高架绿色复合客运通道。

8 结语

本文从市域路网规划、用地规划、综合交通体系等角度研究了沪太路复合快速通道的总体方案及中运量设想, 期望以此打通区域内部瓶颈, 均衡路网交通。研究成果可供其他类似工程参考。

参考文献:

[1] DGJ 08-2106—2012, 城市道路设计规程[S].

(上接第 4 页)

(2)通过交通量预测, 确定道路交通需求, 并结合铺设轻轨后对道路横断面的影响, 综合确定道路横断面的调整方式。不对原道路通行能力进行折减, 同时考虑减少工程量和现状树木伐移量。

(3)进行有轨电车交通组织设计时, 应与城市道路系统综合考虑。根据相交道路等级、交通量的不同, 采取共享相位、绝对优先控制或相对优先控制策略, 在保证有轨电车快速、高效通过交叉口的同时, 尽量减少对相交道路现状机动车、慢行系统的影响。

(4)结合有轨电车车站布设方式, 完善行人二次过街等候设施, 并明确慢行系统路权, 确保慢行系统

的安全、有序。

参考文献:

[1] 吴胜权. 现代有轨电车工程基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2016.
[2] 北京市市政工程设计研究总院有限公司. 《北京经济技术开发区亦庄新城现代有轨电车 T1 线》可行性研究报告[R]. 北京: 北京市市政工程设计研究总院有限公司, 2016.
[3] 闫旭. 浅析现代有轨电车路权形式及其道路横断面布置[D]. 成都: 西南交通大学, 2015.
[4] 赵昕. 现代有轨电车的建设适应性研究[D]. 南京: 东南大学, 2016.
[5] 赵昕. 考虑有轨电车信号优先的平面交叉口信号控制——以淮安市有轨电车 1 号线为例[D]. 南京: 东南大学, 2016.
[6] GB 51286—2018, 城市道路工程技术规范 [S].